



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

DETEÇÃO DE PADRÕES DE VIBRAÇÕES DE CORPO INTEIRO EM CICLOS DE PERFURAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE EM PEDREIRA

Cristina Maria da Rocha Bernardo

Orientador: Prof. Dr. João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)
Coorientador: Prof. Maria Luísa Pontes Silva Ferreira de Matos (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)
Arguente: Prof. Dr. Paulo Antero Alves de Oliveira (Universidade Lusófona)
Presidente do Júri: Prof. Dra. Maria Arminda Costa Alves (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2013



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto
Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt ISN: 3599*654
Telefone: +351 22 508 14 00 Fax: +351 22 508 14 40
URL: <http://www.fe.up.pt> Correio Eletrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

O trabalho aqui apresentado resultou do empenho de várias pessoas que, de uma forma ou de outra, contribuíram para a sua existência e qualidade. Assim, quero agradecer:

- Ao Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto pelos meios disponibilizados, pelo acolhimento, simpatia e apoio de professores e funcionários.
- Ao meu orientador, Professor João Santos Baptista, pela orientação e supervisão científica, pelo rigor e exigência, pela crítica, pelas sugestões, pelos ensinamentos transmitidos.
- À minha (co-)orientadora, Professora Maria Luísa Matos, pela sua orientação, por toda a disponibilidade demonstrada, pelo acompanhamento em todas as fases do trabalho, pelos meios disponibilizados. Pela confiança, incentivo e interesse no meu progresso académico. Pela palavra amiga e de conforto nas horas mais críticas.
- À pedreira que autorizou a realização do trabalho de campo e aos seus trabalhadores, desde as chefias aos operadores no terreno, que colaboraram sem entraves e com grande disponibilidade e simpatia no estudo.
- À Professora Paula Neves (Instituto Ricardo Jorge), ao Professor Nélson Costa (UMinho) pela ajuda, pela crítica e pelas sugestões.
- Aos meus amigos e colegas de curso pela ajuda e companheirismo demonstrado.
- À minha família, pelo apoio incondicional e incentivo que manifestam aos projetos que abraço, pelo amor, carinho e atenção que me dedicam.

RESUMO

O trabalho na indústria extrativa é feito, frequentemente no limite, com exposição a múltiplos riscos, inerentes ao processo produtivo, um deles a vibração. O objetivo desta dissertação é dar um contributo no estudo da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro (VCI) na indústria extrativa a céu aberto. Pretende-se detetar padrões de VCI em equipamentos de carga, transporte e perfuração, analisando um caso piloto.

O trabalho experimental foi realizado em 2013 numa pedreira a céu aberto do norte de Portugal, dedicada à produção de agregados britados. Foram estudados três postos de trabalho: *rock* de perfuração, pá carregadora giratória e *dumper*. A metodologia seguiu as recomendações da ISO 2631-1 (1997). Foi utilizado um equipamento de medição e análise de vibração da marca SVANTEK (Polónia), modelo SV 106, possibilitando a medição da vibração nos três eixos (longitudinal *xx*, lateral *yy*, vertical *zz*). Foram estudadas três vias de transmissão de VCI na posição sentado: superfície do assento, encosto do assento (costas) e pés. A monitorização da VCI foi feita em cada posto de trabalho com tempos de medição na ordem das 2-3 horas. Os dados foram tratados e determinada a existência de um padrão de VCI em função do tempo, a duração de cada tarefa, o eixo predominante, a exposição do trabalhador em termos de RMS e A(8) e o pico máximo.

O *rock* de perfuração apresenta um padrão de VCI em função do tempo, evidenciando duas tarefas distintas: perfuração e movimentação/posicionamento do veículo. A exposição diária a VCI neste posto de trabalho é de $0,088 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, estando muito abaixo do valor de ação legislado ($0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). O trabalhador está, neste posto de trabalho, salvaguardado do risco físico das VCI.

A pá carregadora giratória é um posto de trabalho constituído por tarefas de carga e arrumação do material desmontado. Estas tarefas estão dependentes de fatores externos à máquina, sendo bastante irregulares. Não foi detetado nenhum padrão de VCI em função do tempo. A exposição diária a VCI é de $0,412 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, estando abaixo do valor de ação legislado.

O *dumper* inclui tarefas claramente distintas, assumindo um padrão de VCI em função do tempo. As tarefas que mais expõem o trabalhador a VCI são as de transporte (carregado e descarregado). A exposição diária do posto de trabalho é de $0,596 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, estando acima do valor de ação legislado. Assim, propõem-se a manutenção dos caminhos da pedreira de uma forma mais regular e eficaz.

Diferenças significativas foram encontradas perante as três vias de transmissão da VCI. A transmissão feita pelas costas é frequentemente aquela que conduz a uma maior exposição, com o eixo predominante o eixo longitudinal *xx*. Por contrário, a via de transmissão pelos pés é aquela que menos expõe o trabalhador e tem como eixo predominante o eixo vertical *zz*.

Palavras-chave: Vibrações ocupacionais; vibrações de corpo inteiro; indústria extrativa a céu aberto; padrões de vibração, ciclos de perfuração, carga e transporte, *rock* de perfuração, pá carregadora, *dumper*.

ABSTRACT

The mining work is done, often at the limit, with exposure to multiple risks related to the production process, being one of those risks vibration. The aim of this dissertation is to contribute to the study of occupational exposure to whole-body vibrations (WBV) in open pit mining. It is intended to detect WBV patterns in loading, transportation and drilling equipment, with application to a case study.

The experimental work was conducted in 2013 in a north Portugal open pit mine, dedicated to the production of crushed aggregates. Three activities/equipments were studied (rock drill, shovel and *dumper*). The WBV measurement and analysis was conducted in accordance with ISO 2631-1 (1997). It was used a device SVANTEK (Poland), SV 106, enabling the measurement of vibration in three axes (longitudinal xx , lateral yy and vertical zz). It was studied three WBV transmission ways: seat surface, seat backrest and cabin floor (feet). The monitoring of the WBV was taken at each workplace with measuring times between 2 and 3 hours. Data were processed and it was determined the existence of WBV pattern (vibration versus time), the duration of each task, the dominant axis, the worker exposure - RMS, $A(8)$ and the maximum peak.

Rock drill showed a WBV pattern, where there were two distinct tasks: drilling and movement/ positioning of the vehicle. The daily exposure to WBV in this workplace is $0.060 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, being well below the legislated action value ($0.5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). The worker, in this workplace, is protected from physical risk of WBV.

The shovel is a workplace with two different tasks: loading and material shifting. These tasks are dependent on factors external to the machine, being very irregular. In shovel, was not detected an associated pattern. The daily exposure to WBV in this workplace is $0.412 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, being below the legislated action value.

In *dumper*, we can distinguish all tasks: loading, loaded and unloaded travel, dumping. There is a WBV pattern (vibration versus time). Tasks that more expose the worker to WBV are those that involve transportation (loaded and unloaded). The daily exposure to WBV in this workplace is $0.596 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, being above the legislated action value. Thus, it is proposed to maintain the quarry roads more regular and effective.

Big differences were found when the WBV is transmitted through the three-way transmission of WBV. The transmission through the backrest often leads to higher exposure, in longitudinal xx direction. In opposite, the transmission through the feet is the lowest, in vertical zz direction.

Keywords: Occupational vibrations; whole body vibration; open pit mining; vibration patterns; drilling, loading and transportation cycles; *rock drill*; shovel; *dumper*.

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
2	ESTADO DA ARTE	2
2.1	Referenciais Tecnológicos e de Contexto	2
2.2	Enquadramento Legal e Normativo	6
2.2.1	Enquadramento legal	6
2.2.2	Enquadramento normativo	8
2.3	Vibrações de Corpo Inteiro na Indústria Extrativa a Céu Aberto – Revisão Sistemática	8
3	OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3.1	Objetivos da Dissertação	17
3.2	Materiais e Métodos.....	17
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	Perfuração: <i>rock</i> de perfuração	25
4.1.1	Padrões de VCI em função do tempo	25
4.1.2	Duração das tarefas.....	28
4.1.3	Eixo predominante.....	28
4.1.4	Exposição do trabalhador a VCI – RMS e A(8).....	29
4.1.5	Pico máximo	30
4.2	Carga: Pá carregadora giratória	30
4.2.1	Padrões de VCI em função do tempo	30
4.2.2	Duração das tarefas.....	33
4.2.3	Eixo predominante.....	34
4.2.4	Exposição do trabalhador a VCI – RMS e A(8).....	35
4.2.5	Pico máximo	36
4.3	Transporte: <i>Dumper</i>	36
4.3.1	Padrões de VCI em função do tempo	36
4.3.2	Duração das tarefas.....	39
4.3.3	Eixo predominante.....	40
4.3.4	Exposição do trabalhador a VCI – RMS e A(8).....	41
4.3.5	Pico máximo	42
4.4	Síntese de resultados	43
4.5	Medidas de minimização	45
5	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS.....	47

5.1	Conclusões.....	47
5.2	Perspetivas Futuras	48
6	BIBLIOGRAFIA	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. a) <i>Stock</i> de agregados britados. b) Enrocamentos.....	3
Figura 2. Ciclo de trabalho contínuo em pedreira: perfuração, carga e transporte.....	3
Figura 3. Esquema do ciclo de trabalho do <i>rock</i> de perfuração.	4
Figura 4. Pá carregadora giratória em operação no seu ciclo de trabalho de carga. a) Operação de arrumo do material desmontado; b) Com o balde carregado em espera; c) Carga do <i>dumper</i>	5
Figura 5. Ilustração do ciclo de trabalho do <i>dumper</i> – transporte.	6
Figura 6. Diagrama PRISMA da meta-pesquisa realizada.	9
Figura 7. Modelo mecânico do corpo humano evidenciando as gamas de frequências de ressonância das várias partes do corpo.	15
Figura 8. Piso irregular, em terra batida, característico dos caminhos da pedreira em estudo.....	18
Figura 9. Direção dos eixos no sistema corpo inteiro, correspondente à posição sentado..	19
Figura 10. Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com as costas do assento do a) <i>rock</i> de perfuração, b) pá carregadora giratória e c) <i>dumper</i> . d) Orientação dos eixos de coordenadas.	20
Figura 11. Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com a base da cabine do a) <i>rock</i> de perfuração, b) pá carregadora giratória e c) <i>dumper</i> . d) Orientação dos eixos de coordenadas.	20
Figura 12. Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com o assento do veículo no a) <i>rock</i> de perfuração, b) pá carregadora giratória e c) <i>dumper</i> . d) Orientação dos eixos de coordenadas.	20
Figura 13. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho do <i>rock</i> de perfuração de 21/06/2013.	25
Figura 14. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de uma sequência de três ciclos de trabalho do <i>rock</i> de perfuração de 18/04/2013.	26
Figura 15. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelas costas, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do <i>rock</i> de perfuração de 21/06/2013.	27
Figura 16. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelos pés, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do <i>rock</i> de perfuração de 21/06/2013.	27
Figura 17. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 30/05/2013.	31

Figura 18. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 13/06/2013.....	31
Figura 19. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelas costas, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 13/06/2013.	32
Figura 20. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelos pés, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 13/06/2013.	33
Figura 21. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho do <i>dumper</i> de 13/06/2013.....	37
Figura 22. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de uma sequência de três ciclos de trabalho do <i>dumper</i> de 19/04/2013.....	38
Figura 23. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelas costas, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do <i>dumper</i> de 13/06/2013.....	38
Figura 24. Exemplo de 13/06/2013 de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelos pés, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do <i>dumper</i>	39

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. CAE atribuída à atividade da empresa em estudo.	2
Tabela 2. Valores limite e valores de ação de exposição a vibrações, segundo o artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro.	7
Tabela 3. Obrigações do empregador a fim de reduzir a exposição às vibrações ocupacionais segundo o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro.	7
Tabela 4. Maquinaria utilizada em explorações mineiras a céu aberto e atividades associadas, fontes de vibração. <i>Adaptado de</i> (Kunimatsu and Pathak 2012).	9
Tabela 5. Síntese dos estudos consultados com a caracterização da exposição a VCI no <i>rock</i> de perfuração, escavadora e <i>dumper</i>	11
Tabela 6. Efeitos no corpo humano, segundo as frequências da vibração.	15
Tabela 7. Características dos equipamentos em estudo.	17
Tabela 8. Sensação de conforto sentida pelo operador em função da vibração, segundo a norma ISO 2631:1997.	22
Tabela 9. Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>rock</i> de perfuração.	28
Tabela 10. Eixo coordenado predominante nas tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>rock</i> de perfuração.	28
Tabela 11. Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no <i>rock</i> de perfuração.	29
Tabela 12. Picos máximos registados no <i>rock</i> de perfuração.	30
Tabela 13. Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da pá carregadora giratória.	33
Tabela 14. Eixo coordenado predominante nas tarefas associadas ao ciclo de trabalho da pá carregadora giratória.	34
Tabela 15. Caracterização da exposição do trabalhador a VCI na pá carregadora giratória.	35
Tabela 16. Picos máximos registados na pá carregadora giratória.	36
Tabela 17. Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>dumper</i>	39
Tabela 18. Comparação do resultados do tempo gasto em cada fase do ciclo de trabalho do <i>dumper</i> neste estudo e no estudo de Smets, Eger et al. (2010).	40
Tabela 19. Eixo coordenado predominante nas tarefas associadas ao ciclo de trabalho do <i>dumper</i>	41
Tabela 20. Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no <i>dumper</i>	41
Tabela 21. Picos máximos registados no <i>dumper</i>	42
Tabela 22. Súmula dos resultados obtidos nos três postos de trabalhos em estudo.	43

ABREVIATURAS

A(8) – Exposição pessoal diária a vibrações;

APCER – Associação Portuguesa de Certificação;

CAE – Classificação das Atividades Económicas;

ISO – *International Organization for Standardization* (em português, Organização Internacional de Normalização);

NP – Norma Portuguesa;

RMS – *Root Mean Square* (em português, valor eficaz de aceleração);

PT – Posto de Trabalho;

VA – Valor de Ação;

VCI – Vibrações de Corpo Inteiro;

VDV – Valor de Dose de Vibração;

VLE – Valor Limite de Exposição.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o disposto no artigo 79.º da Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro – Regime jurídico da promoção da segurança e saúde no trabalho, o exercício da atividade profissional na indústria extrativa é classificada como sendo de risco elevado. De facto, a lei exprime o que, já antes, foi constatado por diversos autores (Donoghue 2004) e continua a ser alvo de diversos estudos em todo o mundo, sempre com o intuito de eliminar/reduzir o número de ocorrências de acidentes de trabalho e o aparecimento de doenças profissionais (Matos and Ramos 2010).

O trabalho na indústria extrativa é feito, frequentemente no limite, com exposição a múltiplos riscos, inerentes ao processo produtivo. Riscos de exposição a parâmetros físicos (ruído, vibrações, ambiente térmico), químicos (poeiras), ergonómicos (posturas adotadas, manuseamento de cargas) e psicossociais, todos se encontram presentes num ambiente mineiro (Donoghue 2004).

Segundo dados do Gabinete de Estratégia e Planeamento de 2010, na indústria extrativa registaram-se 1 674 acidentes de trabalho num total de 215 632 acidentes em todos os setores de atividade, o que corresponde a uma percentagem de 0,8%. Se o foco for nos acidentes mortais, esta percentagem sobe para os 2,4% (5 acidentes mortais num total de 208). Num total de 1 669 acidentes não mortais, 64 536 foram os dias de trabalho perdidos (GEP 2012).

A prevenção dos acidentes graves e mortes é portanto, a maior prioridade. No entanto, a ênfase começa a mudar para um plano mais amplo da Higiene e Segurança no Trabalho. Além disso, surgem riscos emergentes, decorrentes, principalmente, de mudanças nas práticas de trabalho e pressão para uma maior produtividade, que importa conhecer e mitigar (Donoghue 2004; McPhee 2004).

Neste trabalho será abordado o risco físico das vibrações transmitidas ao corpo inteiro (VCI – Vibrações de Corpo Inteiro), num contexto ocupacional, nomeadamente na indústria extrativa a céu aberto, tendo como objeto de estudo postos de trabalho/equipamentos como *rock* de perfuração, pá carregadora giratória e *dumper*.

A presente tese, pela sua pesquisa bibliográfica e estudo experimental, desenvolveu-se com o intuito de dar resposta a três questões de investigação primordiais:

1. É possível detetar padrões de VCI em ciclos de trabalho numa pedreira a céu aberto?
2. Em que medida é que o conhecimento e a utilização desses padrões pode beneficiar a segurança e saúde dos trabalhadores e como o pode fazer?
3. Qual o perfil de exposição ocupacional a VCI nos postos de trabalho de uma pedreira a céu aberto?

Estando esta dissertação centrada na investigação da vibração ocupacional, todo o texto pode ser abordado sob o pressuposto que os leitores possuem o mesmo entendimento sobre os conceitos envolvidos.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Referenciais Tecnológicos e de Contexto

O presente estudo foi desenvolvido numa empresa portuguesa do norte de Portugal dedicada à exploração de pedreiras e produção de agregados britados. Com mais de 35 anos de experiência, conta atualmente com aproximadamente 180 colaboradores. O crescimento e a consolidação económica da empresa ditaram o seu alargamento e expansão enquanto prestador de serviços nas áreas da hidráulica, ambiente, energia e infraestruturas. Este estudo foca a atividade extrativa, nomeadamente na produção de agregados britados, sendo a matéria-prima o gnaíse.

Segundo a Classificação Portuguesa de Atividades Económicas, Revisão 3 (disposta no Decreto-Lei n.º 381/2007, de 14 de novembro), a esta atividade económica é dada a codificação CAE (Classificação das Atividades Económicas) expressa na Tabela 1.

Tabela 1. CAE atribuída à atividade da empresa em estudo.

Secção	B Indústrias Extrativas
Divisão	08 Outras indústrias extrativas
Grupo	081 Extração de pedra, areia e argila
Classe	0812 Extração de saibro, areia e pedra britada; extração de argilas e caulino
Subclasse	08121 Extração de saibro, areia e pedra britada

A atividade económica compreende “extração, dragagem, lavagem e beneficiação de areias especiais para a indústria transformadora e areias comuns para a construção; extração e britagem de pedras para agregados utilizados na construção; moagem de pedras para obtenção de pós no local da extração” (INE 2007).

O processo produtivo tem início com a extração da massa mineral. Após o desmonte, são agrupados e armazenados os enrocamentos por classes de peso. O material restante é encaminhado para as unidades de transformação automatizadas, onde é sujeito a diversos estágios de fragmentação e classificação. As diferentes granulometrias são depois armazenadas em silos de grande capacidade. Por fim, um sistema, também automatizado, operacionaliza a fase de expedição, fazendo cargas individuais (lote a lote), homogeneização de misturas predefinidas e lavagem do agregado. A Figura 1 mostra dois exemplos de produto final obtido na pedreira em estudo.



Figura 1. a) *Stock* de agregados britados. b) Enrocamentos.

Os agregados são diariamente submetidos a controlos, em laboratórios próprios e/ou externos credenciados, a fim de assegurar o controlo da qualidade da produção e a verificação da conformidade segundo os requisitos a que se propõem. Todos os agregados produzidos possuem marcação CE.

A empresa tem certificado, pela APCER - Associação Portuguesa de Certificação, um Sistema Integrado de Gestão da Qualidade, Ambiente e Segurança, segundo as normas ISO 9001, ISO 14001 e OHSAS 18001, no âmbito da Conceção, Desenvolvimento e Exploração de Agregados Britados e Produção de Betão.

Neste estudo são analisados as operações de perfuração, carga e transporte num ciclo de trabalho contínuo, como se ilustra na Figura 2.

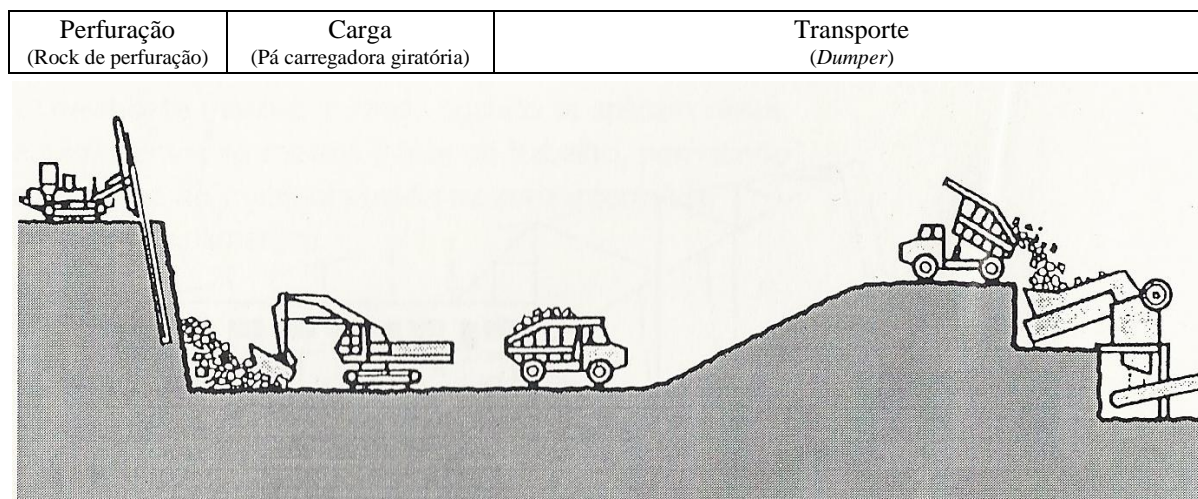


Figura 2. Ciclo de trabalho contínuo em pedreira: perfuração, carga e transporte.

(IGM 1999)

Perfuração

A operação de perfuração constitui o início da fase de desmonte do minério, que depois é levada a cabo com arranque por explosivos, recorrendo a pegas de fogo na frente de desmonte (IGM 1999).

Num ciclo de trabalho habitual, o operador coloca o *rock* de perfuração no local exato onde pretende fazer o furo (previamente assinalado), limpa a superfície a furar (remoção da marcação), posiciona a coluna de perfuração no local exato e com a inclinação desejada, executa o furo, introduz nova vara e voltar a furar, repete estes dois últimos passos quantas vezes forem necessárias até atingir a profundidade pretendida. No fim do ciclo, recolhe as varas, desloca-se e recomeça de novo o ciclo de trabalho. O ciclo repete-se até que estejam feitos todos os furos determinados no diagrama de fogo. A introdução e remoção das varas, bem como a sua lubrificação, são feitas de modo automático. O esquema desta operação de perfuração está representado na Figura 3.

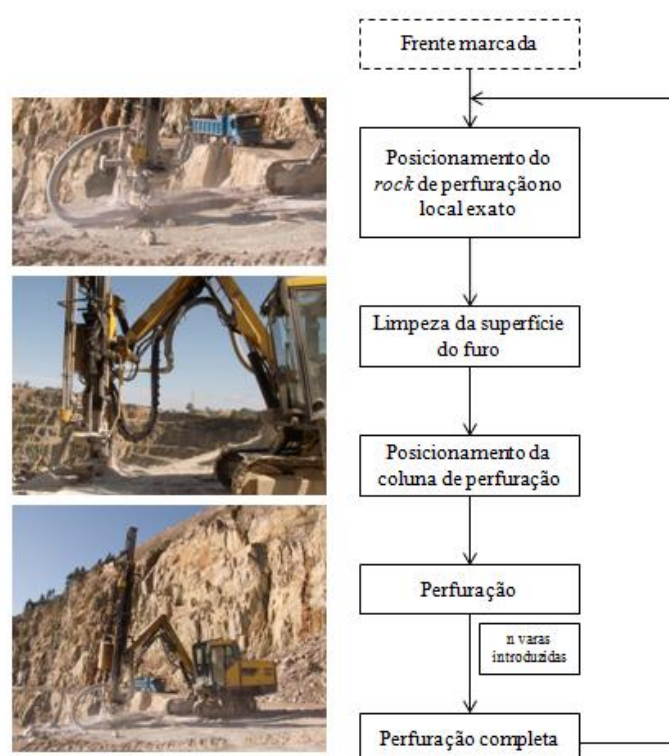


Figura 3. Esquema do ciclo de trabalho do *rock* de perfuração.

Carga (de camiões e *dumpers*)

A carga do material desmontado é feita com recurso a pás carregadoras giratórias (rotação total) de rastos e por pás carregadoras de pneus. As pás carregadoras giratórias são máquinas de carga por excelência. Por sua vez, as pás carregadoras de pneus possuem um sistema de acoplamento rápido do balde/garfo para trabalhos que impliquem mobilidade, manuseamento e carga de maiores volumes e pesos em camião com *trailer* específico, trabalhos de limpeza, entre outros. Neste trabalho foi apenas estudada a carga por pá carregadora giratória.

As operações de carga do material desmontado são diárias e contínuas. Os meios e técnicas utilizadas aplicam-se a todo o produto resultante do desmonte, quer este requeira a passagem pelo circuito de fragmentação (carga do *dumper*) ou seja diretamente expedido para o exterior (carga de camiões).

Após o desmonte com recurso a explosivos, a pá carregadora giratória desloca-se à frente já desmontada, arruma o material de modo a criar as condições de estabilidade, necessárias a um correto e seguro posicionamento e começa as operações. Estas consistem em:

- seleccionar os enrocamentos de grandes dimensões e posicioná-los à parte, de modo a que sejam transportados pela pá carregadora na qual se encontram acoplados “garfos”;
- arrumar o material de forma a conseguir posteriormente efetuar a operação de carga;
- efetuar a carga dos *dumpers* e/ou camiões, acondicionando-a sempre o melhor possível.

Estas operações estão ilustradas na Figura 4.



Figura 4. Pá carregadora giratória em operação no seu ciclo de trabalho de carga. a) Operação de arrumo do material desmontado; b) Com o balde carregado em espera; c) Carga do *dumper*.

Transporte

O transporte do material desmontado é feito com recurso a um *dumper*. O *dumper* é uma máquina lenta, mas robusta e com grande capacidade de carga. Estas características dão-lhe a capacidade de vencer terreno acidentado e bastante inclinado, fazendo dela a máquina indicada para trabalhos de carga e transporte em pedreiras.

Regra geral, o ciclo de transporte do *dumper* engloba as seguintes etapas:

- Carga do *dumper*. O *dumper* fica estacionado junto à frente de desmonte e à pá carregadora giratória, enquanto esta o carrega com o material desmontado.
- Viagem de ida carregado. O *dumper* carregado desloca-se até ao local de descarga (britador primário) onde, por acionamento do operador, a caixa basculante se eleva, deixando cair todo o material que continha.
- Viagem de regresso descarregado. O *dumper* descarregado regressa de novo ao local de desmonte para nova carga. Reinicia-se o ciclo.

O ciclo repete-se até que não haja mais material desmontado na frente de desmonte em causa. Quando isso acontece, dirige-se para uma nova frente (já desmontada) e reinicia um novo ciclo.

A Figura 5 ilustra o ciclo de trabalho realizado pelo *dumper* acima descrito.

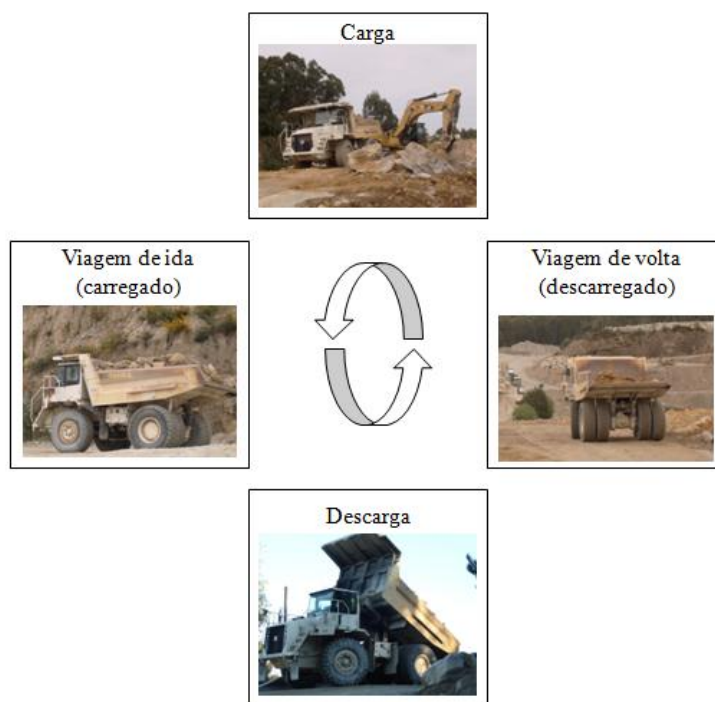


Figura 5. Ilustração do ciclo de trabalho do *dumper* – transporte.

2.2 Enquadramento Legal e Normativo

2.2.1 Enquadramento legal

Além dos princípios gerais estabelecidos no Código do Trabalho – Lei n.º 7/2009, 12 de fevereiro, em matéria de Higiene, Segurança e Saúde no Trabalho, a regulamentação da promoção e prevenção é regulada pela Lei n.º 102/2009, de 10 de setembro – Regime Jurídico da Promoção da Segurança e da Saúde no Trabalho. Sem prejuízo desta, a indústria extrativa tem legislação específica na matéria, o Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio - Regulamento Geral de Higiene e Segurança em Minas e Pedreiras.

No caso particular das pedreiras, o Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio deve ser articulado com as prescrições mínimas de segurança e saúde a aplicar nas indústrias extrativas por perfuração a céu aberto ou subterrâneas - Decreto-Lei n.º 324/95, de 29 de novembro. Deste diploma resultaram, em portarias, as regras técnicas sobre as prescrições mínimas de segurança e de saúde nos locais e postos de trabalho das indústrias extrativas por perfuração – Portaria 197/96, de 4 de junho e as prescrições mínimas de segurança e de saúde no trabalho a aplicar nas indústrias extrativas por perfuração a céu aberto ou subterrâneas - Portaria 198/96, de 4 de junho. Estes diplomas não competem entre si, tendo todos eles em vista uma melhor proteção da segurança e saúde dos trabalhadores.

É necessário frisar que, ao contrário de outros riscos, concretamente descritos, nestes diplomas não é possível encontrar um artigo dirigido em particular para as vibrações. No

entanto, por ser um risco físico capaz de afetar os trabalhadores, insere-se nas ‘Obrigações da entidade empregadora’ (Artigo 2.º do Decreto-Lei n.º 162/90, de 22 de maio).

Especificamente no âmbito das vibrações ocupacionais e num plano transversal a todos os ramos de atividade, surgiu o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro que adota as prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devidos a vibrações. Este diploma estabelece valores limite de exposição e valores de ação de exposição a vibrações transmitidas ao sistema mão-braço e ao corpo inteiro (expressos na Tabela 2) e determina um conjunto de responsabilidades do empregador a fim de minimizar a exposição às vibrações por parte dos trabalhadores (Tabela 3).

Tabela 2. Valores limite e valores de ação de exposição a vibrações, segundo o artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro.

	Sistema mão-braço	Sistema corpo inteiro
Valor limite de exposição	5 m/s ²	1,15 m/s ²
Valores de ação de exposição	2,5 m/s ²	0,5 m/s ²

O valor de ação de exposição é o valor de exposição pessoal diária, calculado num período de referência de 8 horas, expresso em metros por segundo quadrado, que, uma vez ultrapassado, implica a tomada de medidas preventivas adequadas. O valor limite de exposição é o valor de exposição pessoal diária, calculado num período de referência de 8 horas, expresso em metros por segundo quadrado, que não deve ser ultrapassado.

Tabela 3. Obrigações do empregador a fim de reduzir a exposição às vibrações ocupacionais segundo o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro.

Artigo	
4.º	Avaliar e, se necessário, medir os níveis de vibrações a que os trabalhadores se encontram expostos; Possuir uma análise de riscos; Identificar as medidas necessárias para controlar a exposição dos trabalhadores.
5.º	Tomar medidas para eliminar ou reduzir as exposições ao mínimo; Tomar medidas imediatas para prevenir exposições acima do valor limite; Identificar as razões que levaram à ultrapassagem do valor limite.
6.º	Implementar programa de medidas técnicas e organizacionais: <ul style="list-style-type: none"> - Métodos de trabalho alternativos que permitam reduzir a exposição a vibrações mecânicas; - Escolha de equipamentos de trabalho adequados, ergonomicamente bem concebidos e que produzam o mínimo de vibrações possível; - Instalação de equipamentos auxiliares que reduzam o risco de lesões provocadas pelas vibrações, nomeadamente assentos ou punhos que reduzam as vibrações transmitidas ao corpo inteiro ou ao sistema mão-braço, respetivamente; - Programas adequados de manutenção do equipamento de trabalho, do local de trabalho e das instalações neste existentes; - Conceção, disposição e organização dos locais e postos de trabalho; - Informação e formação adequada dos trabalhadores para a utilização correta e segura do equipamento com o objetivo de reduzir ao mínimo a sua exposição a vibrações mecânicas; - Limitação da duração e da intensidade da exposição; - Horários de trabalho adequados, incluindo períodos de descanso apropriados; - Fornecimento aos trabalhadores expostos de vestuário apropriado para a proteção do frio e da humidade.

2.2.2 Enquadramento normativo

No âmbito deste trabalho destacam-se as principais normas utilizadas para a avaliação da exposição dos trabalhadores às vibrações:

NP ISO 2631-1:2007 “Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos gerais.” (versão portuguesa da ISO 2631-1:1997);

ISO 2631-5:2004 “Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks”;

A avaliação do nível de exposição transmitida ao corpo inteiro é realizada de acordo com os capítulos 4, 5, 6 e 7 da norma NP ISO 2631-1:2007 (ISO 2631-1:1997).

2.3 Vibrações de Corpo Inteiro na Indústria Extrativa a Céu Aberto – Revisão Sistemática

A revisão da bibliografia seguiu as recomendações PRISMA[®] (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*).

O ponto de partida para a pesquisa da bibliografia foram as bases de dados *on-line*, cujo acesso, facultado pela Universidade do Porto, permitiu a consulta de recursos bibliográficos pesquisáveis via Web, como por exemplo, bases de dados de referência bibliográfica, de texto integral, editoras de revistas, *ebooks* e obras de referência.

A pesquisa recorreu às bases de dados *Web of Knowledge* (que incluem *Current Contents Connect*, *Derwent Innovation Index*, *Essential Science Indicators*, *Journal Citation Reports*, *Web of Science + Proceedings*), *Scopus* e *Academic Search Complete* e às revistas científicas *Annual Reviews*, *EBSCO Electronic Journals Service*, *Elsevier (ScienceDirect)*, *Springer*, *Taylor & Francis* e *Wiley InterScience*. Não se excluíram artigos vindos de outras fontes, como a bibliografia referida nos artigos selecionados pela primeira fase da revisão sistemática.

Utilizaram-se as palavras-chave: *occupational vibration**, *whole-body vibration**, *hand arm vibration**, *mining*, *extractive industry*, *mining equipment*, *open cast mining industry*. Estas foram combinadas com diferentes operadores booleanos e variando o local de pesquisa (título, resumo e palavras-chave).

Os critérios de elegibilidade dos artigos foram:

- língua: excluíram-se artigos que não estão publicados em português ou inglês;
- data de publicação: excluem-se artigos que foram publicados antes de 1990 (definiu-se esta data por se pretender abranger equipamentos mais antigos ainda em utilização na indústria);
- tema (pertinência para o objetivo da revisão): excluíram-se artigos que não abordavam vibrações ocupacionais na indústria extrativa e ainda artigos focados em

estudos epidemiológicos (medicina) que estabelecem um nexo de causalidade entre as vibrações ocupacionais e as doenças profissionais.

Na Figura 6 é apresentado o diagrama PRISMA, onde se expressa, em números, o resultado da revisão sistemática realizada.

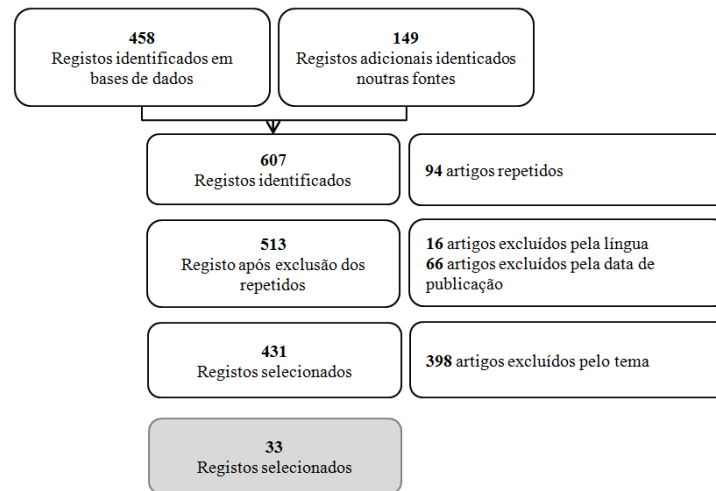


Figura 6. Diagrama PRISMA da meta-pesquisa realizada.

Da pesquisa bibliográfica resultaram 607 potenciais artigos relevantes. Seguindo um processo de seleção de vários passos, apenas 33 artigos foram incluídos. A maioria deles foi descartada pelos critérios de exclusão, embora significativa parte também fosse excluída por estar duplicada.

Fontes de vibração na indústria extrativa

Dentro da indústria extrativa, nomeadamente na indústria extrativa a céu aberto, o processo produtivo de extração e transformação de rochas industriais inclui operações fundamentais como a perfuração, o carregamento e detonação da pega de fogo, o taqueio, a carga, o transporte e a britagem (Matos and Ramos 2010). Estas estão dependentes de máquinas e veículos que geram vibração, deixando, naturalmente, os trabalhadores expostos (Aye and Heyns 2011; Leduc, Eger et al. 2011; Kunimatsu and Pathak 2012). Na Tabela 4 encontram-se listados alguns exemplos de máquinas e respetivas atividades associadas que são potenciais fontes de vibração em pedreiras.

Tabela 4. Maquinaria utilizada em explorações mineiras a céu aberto e atividades associadas, fontes de vibração. *Adaptado de* (Kunimatsu and Pathak 2012).

Máquina	Atividade
Rock de perfuração	Posicionamento
	Perfuração
Retroescavadora/pá carregadora	Escavação, abertura de valas
	Carga
	Transporte
Dumper	Transporte
	Carregamento pela pá
	Descarga

Rocks de perfuração

Howard, Seseck et al. (2009) mostraram que os operadores de *rocks* de perfuração têm um risco de exposição a VCI relativamente baixo. De toda a maquinaria pesada utilizada numa indústria extrativa a céu aberto, foram os *rocks* de perfuração, aqueles que conduziram a valores de aceleração *RMS* mais baixos. Valores da ordem dos $0,30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Howard, Seseck et al. (2009) e $0,16 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Van Niekerk, Heyns et al. (2000)), sendo o eixo predominante o vertical (*zz*). De acordo com estes autores, neste posto de trabalho, o operador está salvaguardado do risco de exposição a VCI.

Pás carregadoras (escavadoras)

As pás carregadoras são amplamente usadas na indústria extrativa a céu aberto para operações de escavação, carga e transporte. Estas máquinas, de grande porte e com grande capacidade, têm melhorado significativamente a eficiência produtiva e económica das operações. No entanto, não é possível alhear os significativos efeitos secundários negativos (Frimpong, Galecki et al. 2011).

Os estudos de caracterização do risco de exposição a VCI em pás carregadoras giratórias indicam valores de *RMS* muito distintos. Em parte dos estudos a exposição a VCI não ultrapassa o valor de ação de $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ (Howard, Seseck et al. 2009; Aye and Heyns 2011); Dentoni and Massacci (2013). Por outro lado, autores como Vanerkar, Kulkarni et al. (2008) chamam a atenção para as condições de risco a que podem estar sujeitos estes trabalhadores, com exposições a VCI superiores ao valor de ação ($0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), podendo mesmo chegar a $2,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$.

O mesmo se passa com o eixo predominante, não havendo um claramente definido. O vertical *zz* e o longitudinal *xx* são os apresentados por Aye and Heyns (2011) e Dentoni and Massacci (2013).

Posto isto, é notória a discrepância na caracterização da exposição a VCI nestes equipamentos, que devido às suas operações multifacetadas podem levar a situações distintas.

Dumpers

Os *dumpers* são equipamentos usados em larga escala para o transporte de grandes quantidades de rocha (entre 7 e 350 toneladas) para instalações de britagem ou outros locais próprios, dentro da área da exploração (Mandal and Srivastava 2010; Eger, Stevenson et al. 2011).

Os estudos levados a cabo por Salmoni, Cann et al. (2010) em 33 veículos mostraram que todos os trabalhadores analisados estavam expostos a níveis de VCI acima do valor de ($0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$), ficando um número considerável acima do limite de exposição ($1,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). O eixo dominante foi o eixo vertical (*z*).

Um estudo semelhante, levado a cabo por Mandal and Srivastava (2010) em 40 *dumpers*, mostrou que os valores de *RMS*, medidos no eixo dos *zz*, variavam entre $0,644$ e $1,82 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, com um valor médio de $1,10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Os trabalhadores que operavam estes veículos

estavam expostos a VCI, em média, 5 horas por dia de trabalho. O estudo confirmou o risco para a saúde dos trabalhadores e apontou ainda os principais sintomas reportados, sendo estes as dores de costas, ombros, pescoço e joelhos.

Outros estudos (Vanerkar, Kulkarni et al. 2008; Smets, Eger et al. 2010; Aye and Heyns 2011) foram reportando conclusões idênticas, evidenciando os riscos a que estão expostos estes trabalhadores.

Na Tabela 5 apresentam-se os estudos analisados para com a caracterização da exposição a VCI no *rock* de perfuração, pá carregadora giratória e *dumper* na indústria extrativa a céu aberto. São analisados o valor eficaz de aceleração, o eixo e a frequências dominante.

Tabela 5. Síntese dos estudos consultados com a caracterização da exposição a VCI no *rock* de perfuração, pá carregadora giratória e *dumper*.

Equipamento	Autores (ano)	RMS [m·s ⁻²]	Eixo predominante	Frequências dominantes [Hz]
Rock de perfuração	Howard, Sesek et al. (2009)	0,30	-	-
	Van Niekerk, Heyns et al. (2000)	0,16	z	-
	Dentoni and Massacci (2013)	0,52-0,97	x	-
Pá carregadora giratória	Kunimatsu and Pathak (2012)	0,5-2,3	-	-
	Aye and Heyns (2011)	0,21-0,51	z	-
		0,25-0,39	x	-
	Howard, Sesek et al. (2009)	0,45	-	-
	Smets, Eger et al. (2010)	0,80	-	2 – 4
	Mandal and Srivastava (2010)	1,10	z	-
<i>Dumper</i>	Howard, Sesek et al. (2009)	0,58	-	-
				1,0-1,25 (x)
	Eger, Stevenson et al. (2008)	0,77	z	1-1,25 (y)
				3,15 – 4 (z)
	Kumar (2004)	0,37-11,73	z	2 – 4
	Van Niekerk, Heyns et al. (2000)	0,75	z	-

Howard, Sesek et al. (2009) conduziram um estudo comparativo, em termos de exposição a VCI, em 35 locais de trabalho de uma indústria extrativa a céu aberto. Dentro destas categorias destacaram-se, pela pertinência para este estudo, as pás carregadoras - escavadoras (n=3), *dumpers* (n=6) e *rocks* de perfuração (n=3). Os trabalhadores dos *rocks* de perfuração foram os menos expostos a VCI (abaixo só os trabalhadores de escritório). Seguiram-se, por ordem crescente de risco, os operadores das pás carregadoras e dos *dumpers*. Os valores médios de RMS do *rock* de perfuração variaram entre 0,15 e 0,76 m·s⁻² com um valor médio de 0,30 m·s⁻². No caso das pás carregadoras os valores situaram-se entre 0,11 e 0,67 m·s⁻², com valor médio de 0,45 m·s⁻², e nos *dumpers* entre 0,02 e 1,92 m·s⁻², com valor médio de 0,58 m·s⁻². Em valores médios, somente os trabalhadores dos *dumpers* estiveram acima dos valores de ação. Contudo os valores máximos nas pás carregadores e *rocks* de perfuração também o ultrapassaram. Mesmo assim, os autores concluem que os trabalhadores das pás carregadoras e *rock* de perfuração estão pouco expostos ao risco de VCI, destacando sim o risco dos trabalhadores dos *dumpers*.

Metodologias aplicadas à medição das vibrações transmitidas ao sistema corpo inteiro

Nos equipamentos em análise nesta dissertação, *rocks* de perfuração, pás carregadoras e *dumpers*, a vibração é sobretudo transmitida ao trabalhador pelo corpo inteiro (VCI). Os pontos de contacto entre o trabalhador e a máquina são, por excelência, os pés e o assento (Kunimatsu and Pathak 2012). Os operadores destas máquinas estão ainda expostos a choques de impacto (Eger, Stevenson et al. 2011).

A vibração transmitida ao sistema mão-braço é atribuída frequentemente às operações manuais e ao contacto com instrumentos geradores de vibração, como martelos pneumáticos, e não tanto ao contacto com os comandos dos veículos ou o próprio volante (Hill, Langis et al. 2001; Donoghue 2004; Gallagher and Mayton 2007; Kunimatsu and Pathak 2012).

Assim sendo, a bibliografia consultada, focada nas VCI, segue, consensualmente, a norma ISO 2631-1:1997 (*Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements*). Além de serem seguidos os princípios metodológicos para a medição das vibrações, são também seguidos os métodos de cálculo dos parâmetros necessários à avaliação da vibração medida e adotados os valores limite de exposição e valores de ação.

Uma das recomendações metodológicas da norma ISO 2631-1:1997 que importa destacar no âmbito deste trabalho é a medição e análise da exposição às vibrações em separado, tendo em conta a existência de vários períodos com características distintas (Ponto 5.5 Duração da medição). Geralmente, um ambiente mineiro envolve um trabalho baseado em operações de curta duração bem definidas às quais estão associadas diferentes amplitudes de vibração, e portanto as medições deverão ser efetuadas para cada uma das operações e o resultado obtido a partir da combinação dessas.

Algum trabalho tem sido feito na caracterização das tarefas que compõem os ciclos de trabalho dos veículos mineiros. No entanto, são os *dumpers* que concentram maior número de estudos. Por um lado, eles têm a exposição a VCI mais elevada, por outro têm tarefas muito bem definidas e distintas entre si no seu ciclo de trabalho.

A vibração a que o trabalhador está exposto nos *dumpers* varia consideravelmente com a tarefa em causa. Normalmente, um ciclo de trabalho do *dumper* inclui tarefas como a carga, a viagem carregado, a descarga e a viagem descarregado. Smets, Eger et al. (2010) concluíram que a maioria do tempo é gasto no transporte carregado. Em oposição, a tarefa mais curta é a descarga. O restante tempo é dividido entre o transporte descarregado e a operação de carga. No que à amplitude das vibrações concerne, são os momentos de inatividade (espera) aqueles onde a exposição a VCI é menor, em contraste com tarefas de transporte (movimentação do veículo carregado e descarregado) onde se registam os valores mais elevados (Kumar 2004; Smets, Eger et al. 2010).

Um estudo levado a cabo por Dentoni and Massacci (2013) avaliou a exposição a VCI nas pás carregadoras giratórias utilizadas na indústria mineira a céu aberto. Foram consideradas duas tarefas em separado: carga e arrumação do material. A tarefa de carga conduz a uma maior exposição do trabalhador a VCI.

Autores como Salmoni, Cann et al. (2010) reforçam a importância da determinação da exposição diária a VCI com a consideração de todas as tarefas, bem como a sua duração. Para que isto seja possível, alguns estudos (Salmoni, Cann et al. 2010; Smets, Eger et al. 2010; Leduc, Eger et al. 2011), a par da medição dos níveis de vibração, acompanharam visualmente as operações, registando os tempos de duração das tarefas e qualquer observação que possa ter influência nos resultados. Outros autores registaram as operações com recursos a gravação de vídeo (Eger, Stevenson et al. 2008; Torma-Krajewski, Wiehagen et al. 2009; Salmoni, Cann et al. 2010).

Outro aspeto muito relevante nesta atividade é a forte correlação entre as características e condições onde é desenvolvido o trabalho e o nível de exposição a VCI por parte dos trabalhadores (Kunimatsu and Pathak 2012). Isto é, as vibrações sofridas pelos trabalhadores aquando da operação com os veículos dependem, entre outros, da força de excitação externa, da massa do veículo e de fatores ambientais, como o estado do pavimento, as características do material manipulado, a organização das operações, a experiência do trabalhador. (Mandal and Srivastava 2010; Frimpong, Galecki et al. 2011). Vanerkar, Kulkarni et al. (2008) concluíram que a exposição a VCI não depende tanto do tipo de exploração (matéria prima em causa), mas mais das condições de trabalho e do tipo de maquinaria utilizada.

Os equipamentos para a determinação das vibrações são acelerómetros triaxiais de VCI. O acelerómetro é normalmente fixo numa superfície arredondada de borracha (vulgarmente chamado de “disco”) que, por sua vez, é fixa com fita adesiva ao assento do operador ou na base da cabine do veículo (onde o operador coloca os pés). Na bibliografia encontrada, a sua colocação é frequentemente feita no assento do operador. É desprezada, na maioria das vezes, a vibração que entra pelo encosto do assento (costas). Os acelerómetros são também colocados na plataforma do veículo, no contacto estabelecido pelos pés do trabalhador (Leduc, Eger et al. 2011).

Outras características reportadas nos estudos de VCI são as características das operações a medir, isto é, são comumente identificadas:

- as características das máquinas utilizadas (Kumar 2004; Howard, Seseck et al. 2009; Eger, Stevenson et al. 2011; Dentoni and Massacci 2013);
- as operações que o equipamento efetua (Kumar 2004; Eger, Stevenson et al. 2008; Salmoni, Cann et al. 2010; Smets, Eger et al. 2010; Leduc, Eger et al. 2011);
- as rotinas de trabalho (Torma-Krajewski, Wiehagen et al. 2009; Smets, Eger et al. 2010);
- a natureza do pavimento ((Mayton, Amirouche et al. 2005; Howard, Seseck et al. 2009; Salmoni, Cann et al. 2010; Dentoni and Massacci 2013));
- a posição e as características do assento ((Mayton, Amirouche et al. 2005));
- o tipo de vibração (contínua, intermitente, impacto), a sua direção e origem (Leduc, Eger et al. 2011);
- o número de vezes que se realiza a operação ou o ciclo de trabalho por dia e a duração média diária da operação ou o ciclo de trabalho (Mandal and Srivastava 2010; Smets, Eger et al. 2010).

Paralelamente são recolhidas outras informações importantes sobre os trabalhadores, mais propriamente informação demográfica, histórico clínico e ocupacional, estilo de vida, entre outros. (Eger, Stevenson et al. 2008; Mandal and Srivastava 2010; Smets, Eger et al. 2010; Eger, Stevenson et al. 2011; Leduc, Eger et al. 2011).

Principais efeitos das vibrações de corpo inteiro

Estabelecer relações diretas entre a exposição a VCI e os efeitos decorrentes desta não é tarefa fácil. Magnusson, Pope et al. (1998) reportaram a dificuldade em estabelecer uma relação clara entre a exposição e o efeito, principalmente devido ao elevado número de fatores que influenciam o risco associado à exposição a VCI. Mansfield (2004) sugere uma abordagem cautelosa e holística.

O efeito da exposição a VCI mais frequentemente reportado na bibliografia é a “dor nas costas”. Esta relação é estabelecida em diversos estudos epidemiológicos (Teschke, Nicol et al. 1999; Lings and Leboeuf-Yde 2000; Gallais and Griffin 2006; Gallagher and Mayton 2007). Outros distúrbios referidos são a dor ciática, lombalgia e dor generalizada nas costas, hérnias discais, degeneração da coluna (Seidel and Heide 1986; Dupuis 1994; Wikström, Kjellberg et al. 1994; Teschke, Nicol et al. 1999; Gallagher and Mayton 2007; Eger, Stevenson et al. 2011).

No caso particular dos operadores de maquinaria pesada, onde se incluem os trabalhadores mineiros, estudos epidemiológicos revelaram associações entre as dores de costas e a operação dos veículos. Motoristas/manobreadores de camiões, pás carregadoras, *dumpers* encontram-se em risco elevado. Estudos levados a cabo revelaram que estes trabalhadores estão mais suscetíveis a níveis de exposição a vibrações, superiores aos recomendados pelas normas ISO. Concluiu-se ainda que o risco de contrair lesões musculoesqueléticas aumenta com o aumento do tempo de exposição (Teschke, Nicol et al. 1999; Bovenzi, Rui et al. 2006; Gallagher and Mayton 2007).

Teschke, Nicol et al. (1999) e Gallais and Griffin (2006), com a revisão dos estudos epidemiológicos sobre exposição a VCI em condutores, concluíram que existiam vários fatores concorrentes para o aparecimento das dores de costas. Idade, posturas de trabalho, movimentação de cargas e trabalho “pesado”, tabagismo, quedas ou outros episódios causadores de dor, *stress* e pressão laboral, estado físico e morfologia do corpo, incluindo peso, altura, condição física, são alguns dos exemplos reportados.

De facto, a adoção de posturas inadequadas é um aspeto bastante importante no que diz respeito aos condutores. Este é um fator de carga física adicional na coluna que, em conjunto com a exposição às vibrações, está na origem multifatorial da “dor nas costas” reportada pelos condutores profissionais (Teschke, Nicol et al. 1999; Bovenzi, Rui et al. 2006).

Apesar de fortemente focalizada nos efeitos ao nível das costas dos expostos, outros estudos (Leduc, Eger et al. 2011; Costa 2012) referem um leque mais alargado de efeitos provocados pela exposição a VCI, nomeadamente na visão, sistemas circulatório, sistema digestivo, efeitos musculoesqueléticos e efeitos cognitivos.

A exposição a vibrações afeta o corpo humano de diferentes formas, determinada também pelas características dessa vibração. Dessas, evidenciam-se a frequência (número de oscilações por segundo, Hz), a magnitude ou amplitude (energia associada à amplitude de uma onda), a duração da exposição e a direção da vibração (vertical, lateral e longitudinal) (Gallagher and Mayton 2007).

Diferentes zonas do corpo humano têm diferentes frequências naturais. Quando essa parte do corpo é excitada por uma força externa com frequência de excitação coincidente com a frequência natural do sistema, a vibração é amplificada – frequência de ressonância (Leduc, Eger et al. 2011).

A Figura 7 indica as frequências de ressonância das várias partes do corpo humano e na Tabela 6 são apresentados, de acordo com esses valores de frequência, alguns efeitos das vibrações sobre todo o corpo humano.

Tabela 6. Efeitos no corpo humano, segundo as frequências da vibração.

Frequências [Hz]	Efeitos
Vibrações superiores a 600 Hz	Efeitos neuromusculares
Vibrações entre 150 a 600 Hz	Dedos
Vibrações entre 70 e 150 Hz	Mãos
Vibrações entre 40 e 125 Hz	Efeitos vasculares
Vibrações entre 1 e 40 Hz	Lesões nos ossos; Patologias ao nível da coluna vertebral; Afeções do aparelho digestivo; Hemorroidas; Dores abdominais; Obstipação; Perturbação da visão, da função respiratória e da função cardiovascular
Vibrações < (s) a 1 Hz	Náuseas e vômitos

(Arezes, Braga et al. 2011)

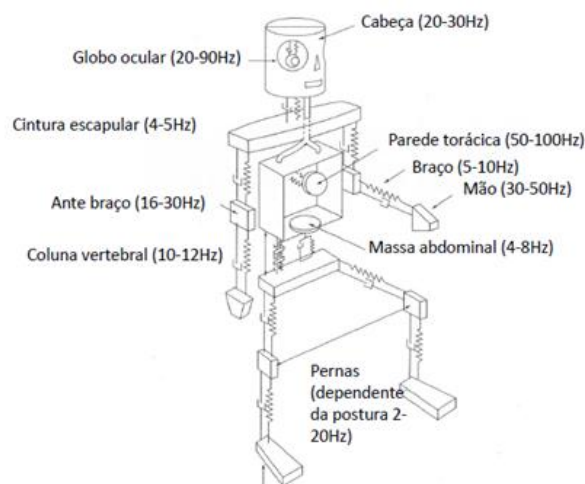


Figura 7. Modelo mecânico do corpo humano evidenciando as gamas de frequências de ressonância das várias partes do corpo.

Adaptado de Bruel&Kjaer (1989).

Como evidenciado na Figura 7 e Tabela 6, os efeitos na saúde são mais prováveis se a vibração estiver na gama de frequências de ressonância de uma determinada região do corpo. Devido às diferenças dos valores das frequências de ressonância existentes nas diferentes partes do corpo humano, a exposição de vibração afeta locais específicos.

A par destes estudos, o desenvolvimento de normas internacionais (por exemplo as normas ISO) vem também demonstrar que a exposição a VCI afeta negativamente a segurança, conforto, *performance* e eficiência dos trabalhadores (Gallagher and Mayton 2007).

Medidas de intervenção e controlo da exposição às vibrações

As medidas de intervenção com a finalidade de reduzir a exposição às VCI podem ser divididas em medidas organizacionais (controlo administrativo) e construtivas (atuação sobre a fonte e atuação sobre as vias de propagação), às quais se pode ainda acrescentar a promoção da vigilância da saúde (Arezes, Braga et al. 2011). Da literatura (McPhee 2004; Gallagher and Mayton 2007; Kunimatsu and Pathak 2012) destacam-se as seguintes medidas:

Medidas organizacionais

As medidas organizacionais passam pela organização das tarefas no sentido de minimizar o tempo de exposição às vibrações.

- Monitorização regular dos níveis de vibrações ocupacionais;
- Rotatividade nos postos de trabalho que possuam níveis elevados de exposição;
- Implementar períodos de recuperação/descanso após exposições severas;
- Formação e treino dos trabalhadores.

Medidas construtivas

- Manutenção de estradas de transporte e/ou outras superfícies operacionais a par do controlo da velocidade de deslocamento de veículos;
- Manutenção periódica dos equipamentos, quer substituindo as peças gastas, quer fazendo apertos, alinhamentos ou ajustamentos para diminuir as vibrações;
- Melhorar a suspensão do veículo;
- Colocar o assento suspenso numa base vibratória, isto é suspensão e montagem anti vibrátil com excitação pela base móvel;
- Adequação do assento ao trabalhador;
- Aplicar uma suspensão hidráulica amortecida frontal para melhorar o funcionamento das máquinas;
- Uso de almofadas de compressão nas zonas mais afetadas dos trabalhadores;

Medidas adicionais devem ser tomadas para reduzir a adoção de posturas incorretas, também este considerado um fator de risco para o desenvolvimento de lesões musculoesqueléticas (Kittusamy and Buchholz 2004).

No que respeita à vigilância, devem ser recolhidos *a priori* dados acerca do trabalhador e da empresa. Posteriormente, devem ser abordados os fatores de risco, procurando identificar o perfil de risco do trabalhador, com recolha de dados relativos às condições de trabalho (tipo de ferramentas e tempo de exposição), aos antecedentes, hábitos tabágicos, tratamentos, ocupações/exposições anteriores. Por fim, numa perspetiva mais clínica de pesquisa de sinais ou sintomas, deve haver uma verificação das condições que motivam o aparecimento dos sintomas ou, na ausência destes, o diagnóstico precoce através da realização de exames complementares (Arezes, Braga et al. 2011)

3 OBJETIVOS, MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Objetivos da Dissertação

A presente dissertação pretende ser um contributo no estudo da exposição ocupacional a VCI, nomeadamente na deteção de padrões em equipamentos usados na indústria extrativa a céu aberto. O objetivo geral é então detetar padrões de vibrações ocupacionais em ciclos de carga, transporte e perfuração em pedreiras, com aplicação a um caso piloto.

Foram definidos objetivos específicos, sendo eles:

- Selecionar e caracterizar as fontes de vibrações ocupacionais na pedreira em estudo;
- Caracterizar as tarefas do ciclo de trabalho dos operadores do *rock* de perfuração, pá carregadora giratória e *dumper*;
- Associar tarefas específicas dos ciclos de trabalho a padrões de vibrações (nomeadamente aceleração, eixo dominante);
- Avaliar as condições de trabalho dos operadores em termos de exposição a VCI;
- Propor estratégias para a melhoria das condições de trabalho dos operadores em estudo, que potencialmente se venham a manifestar mais nefastas para a sua saúde e desempenho.

3.2 Materiais e Métodos

Localização e postos de trabalho (equipamentos) em estudo

O trabalho experimental foi realizado entre abril e junho de 2013 numa pedreira a céu aberto do norte de Portugal, dedicada à produção de agregados britados.

Atendendo aos objetivos definidos, foram selecionados para o estudo três postos de trabalho, isto é, três diferentes equipamentos: *rock* de perfuração (n=1), pá carregadora giratória (n=1) e *dumper* (n=1). As características dos equipamentos são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7. Características dos equipamentos em estudo.

Posto de trabalho/ Equipamento	<i>Rock</i> de perfuração	Pá carregadora giratória	<i>Dumper</i>
Marca	ATLAS COPCO	CATERPILLAR	TEREX
Modelo	Rock D7	374 D	TR 45
Ano de fabrico	2007	2011	2005
Ano de entrada ao serviço da empresa	2007	2011	2005
Estado do equipamento à data do estudo	Bom	Bom	Bom

Para além das atividades de produção, os trabalhadores são solicitados a realizar outras tarefas como, por exemplo, a limpeza dos equipamentos, operações de reparação e manutenção. No entanto, a atividade em estudo é apenas a condução/operação dos equipamentos.

Os trabalhadores operam na posição “sentada”, controlando o veículo com alavancas de comando, no caso do *rock* de perfuração e da pá carregadora giratória, e com o volante, no caso do *dumper*.

As operações desenrolam-se na pedreira em estudo, com um piso irregular de terra batida (Figura 8), que é molhado com regularidade em períodos mais secos.



Figura 8. Piso irregular, em terra batida, característico dos caminhos da pedreira em estudo.

A condução/operação dos veículos envolve um conjunto de tarefas que se repetem ao longo do dia, criando uma rotina de trabalho. Assim, a análise da exposição a vibrações foi dividida nas seguintes tarefas:

Rock de perfuração: (1) perfuração; (2) movimentação/posicionamento do veículo.

Pá carregadora giratória: (1) carga de camiões/*dumpers*; (2) arrumação do material desmontado.

Dumper: (1) carga; (2) transporte carregado; (3) descarga; (4) transporte descarregado.

A cada posto de trabalho está associado um trabalhador. A informação sobre as características demográficas e ocupacionais dos trabalhadores é reportada nos Anexos A, B e C. Esta foi obtida antes do início das medições de VCI, numa pequena entrevista aos trabalhadores, que garantiu a ética profissional exigida e onde foram explicados os objetivos do estudo, bem como o procedimento geral a tomar. Foi pedido aos trabalhadores que realizassem o seu trabalho como é hábito, tentando alhear-se ao máximo do trabalho dos investigadores.

Todos os trabalhadores em estudo têm uma exposição diária a vibrações, com um horário laboral de 8 horas diárias, dividido por uma hora de pausa para almoço.

Medições em campo

Legislação e normas consideradas

A medição das vibrações seguiu os critérios estabelecidos no(a):

Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro (prescrições mínimas de proteção da saúde e segurança dos trabalhadores em caso de exposição aos riscos devido a vibrações);

NP ISO 2631-1:2007 ‘Vibrações mecânicas e choque. Avaliação da exposição do corpo inteiro a vibrações. Parte 1: Requisitos gerais’ (versão portuguesa da ISO 2631-1:1997);

Equipamento de medição de vibrações

Foi utilizado um equipamento de medição e análise de vibração da marca SVANTEK (Polónia), modelo SV 106. O sensor de corpo inteiro utilizado foi da marca SVANTEK (Polónia), modelo SV 100. Os equipamentos cumprem os requisitos das normas ISO 8041:2005, ISO 2631-1,2,5 e ISO 5349:2009. Foi medida a vibração nos três eixos translacionais (longitudinal = eixo xx ; lateral = eixo yy ; vertical = eixo zz).

A aquisição dos dados foi programada para a obtenção de valores de 1 em 1 segundo com gravação automática no cartão de memória micro SD *flash*.

• Calibração dos sensores

O sistema de medição de vibrações usado foi objeto de calibração por entidade competente – ISQ, Instituto de Soldadura e Qualidade (Portugal). A calibração tem periodicidade anual, de acordo com o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro, e a última teve data de 21/11/2012 (Certificado de Calibração CACV1223/12). O sensor do sistema corpo inteiro, devido à sua robustez e estabilidade, não é calibrado a cada medição, mas sim anualmente no ISQ.

• Colocação dos sensores

O sistema de coordenadas ortogonal é definido na Figura 9 para o sistema corpo inteiro. A colocação do acelerómetro triaxial foi feita com especial cuidado, por forma a respeitar a orientação dos eixos de coordenadas.

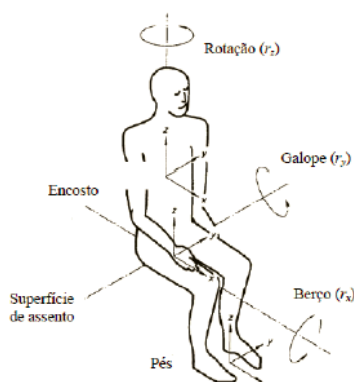


Figura 9. Direção dos eixos no sistema corpo inteiro, correspondente à posição sentado.

(Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro)

A montagem do acelerômetro do sistema corpo inteiro garantiu a imobilização à superfície vibrante com a fixação do adaptador (“disco”) com fita adesiva. O cabo de ligação foi também fixo com fita adesiva e colocado de modo a não perturbar a normal atividade do trabalhador, bem como prevenir eventuais danos no cabo e efeitos triboelétricos que podem influenciar os valores medidos.

A colocação do acelerômetro foi feita em três locais distintos: encosto do assento, pés (chão do veículo) e assento. O sensor ficou solidário com o encosto do assento, na zona onde o trabalhador apoia as costas (Figura 10), solidário com a base da cabine, onde normalmente o operador coloca os pés (Figura 11) e solidário com a superfície do assento, zona onde o trabalhador está sentado (Figura 12). Com isto, é possível estudar três vias de transmissão de VCI na posição sentado. Foi pedido aos trabalhadores que retirassem materiais resilientes dos assentos, como mantas e almofadas, para a colocação dos sensores e posterior medição.

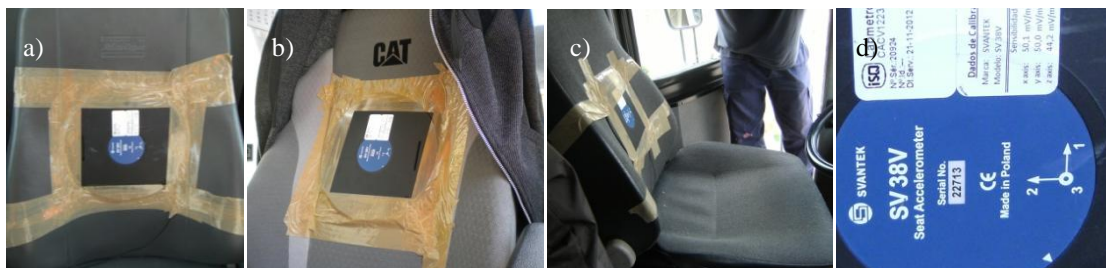


Figura 10. Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com as costas do assento do a) *rock* de perfuração, b) pá carregadora giratória e c) *dumper*. d) Orientação dos eixos de coordenadas.



Figura 11. Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com a base da cabine do a) *rock* de perfuração, b) pá carregadora giratória e c) *dumper*. d) Orientação dos eixos de coordenadas.



Figura 12. Colocação do sensor do sistema de corpo inteiro solidário com o assento do veículo no a) *rock* de perfuração, b) pá carregadora giratória e c) *dumper*. d) Orientação dos eixos de coordenadas.

Procedimento de teste

O tempo despendido em cada ciclo de trabalho está dependente da experiência do trabalhador, das condições na pedreira, de fatores ambientais (Eger, Stevenson et al. 2008), daí que os ensaios de medição das vibrações foram contínuos ao longo do turno de trabalho, com tempos de medição na ordem das 1-3 horas. Esta medição foi acompanhada por uma observação e registo de ocorrências, cronometragem das tarefas e, no caso da pá carregadora giratória, ainda por registo de vídeo. Estes dados foram depois sincronizados a fim de identificar claramente a tarefa em causa e estabelecer relações com os padrões de vibração encontrados.

Foram registadas ainda as condições atmosféricas do local (pedreira), nomeadamente temperatura do ar (°C), humidade relativa (%), velocidade do vento ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) e estado do tempo.

Foram criadas fichas de recolha de dados no campo, para os três equipamentos em estudo, a fim de registar todos estes dados (Anexo D, E e F).

Análise dos dados

A passagem dos dados da vibração foi feita por entrada USB com recurso ao *software* SVAN PC ++, versão 1.5.10 da SVANTEK (Polónia). Estes mesmos dados foram posteriormente trabalhados em excel.

No sistema corpo inteiro, o valor da aceleração eficaz ponderada em frequência (RMS) é determinado para cada um dos três eixos de referência (a_{wx} , a_{wy} , a_{wz}) e a partir destes realiza-se a avaliação, correspondendo esta ao valor mais elevado dos resultados obtidos, de acordo com a expressão (1), segundo o Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro. Os fatores de correção usados são $k_{x,y}=1,4$ e $k_z = 1$.

$$a_w = \max[1,4 \cdot a_{wx}, 1,4 \cdot a_{wy}, a_{wz}] \text{ (em } m/s^2) \quad (1)$$

Segunda a norma ISO 2631-1:1997, esta avaliação corresponde ao método básico de avaliação do efeito da vibração na saúde. As constantes são definidas numa perspetiva de avaliação do efeito das vibrações na saúde dos trabalhadores, principalmente na posição sentada. Isto porque não são conhecidos os efeitos da vibração sobre a saúde de pessoas em pé, inclinadas ou deitadas. Assim, esta avaliação aplica-se a vibrações na gama de frequências de 0,5 a 80 Hz que é transmitida, através do assento, ao corpo sentado como um todo.

Ao analisar a via de transmissão da VCI pelos pés e costas do trabalhador, a avaliação da vibração transmitida é efetuada numa perspetiva de conforto para o trabalhador (ISO 1997). Aplica-se a vibração na gama de frequências de 0,5 Hz e 80 Hz que ocorre em todas as coordenadas sobre o assento e ainda no encosto do assento e nos pés de pessoas sentadas. Neste caso, e na posição sentada, os fatores de correção passam a ser 1, $k_{x,y,z}=1$. Este processo de avaliação permite dar indicações aproximadas de reações prováveis a variadas amplitudes de vibração, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8. Sensação de conforto sentida pelo operador em função da vibração, segundo a norma ISO 2631:1997.

RMS [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]	Sensação de conforto
Menor que $0,315 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	Não desconfortável
$0,315 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ até $0,63 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	Ligeiramente desconfortável
$0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ até $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	Razoavelmente desconfortável
$0,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ até $1,6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	Desconfortável
$1,25 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ até $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	Muito desconfortável
Superior a $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	Extremamente desconfortável

(ISO 1997)

O valor de exposição diária às vibrações, expresso em termos do valor total da vibração contínua equivalente, ponderada em frequência para um período de oito horas, representado por $A(8)_i$, foi calculado pela expressão (2). Esta foi a expressão utilizada para calcular o $A(8)$ característico de cada tarefa.

$$A(8)_i = a_{hv} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad (2)$$

Onde, T é a duração diária total da exposição às vibrações e T_0 é a duração de referência de oito horas.

O posto de trabalho inclui a execução de múltiplas tarefas, com diferentes exposições a VCI. Assim, a exposição diária às vibrações, $A(8)_{PT}$, associada ao posto de trabalho, entrando em linha de conta com todas as tarefas que dele fazem parte, foi calculado através da equação (3).

$$A(8)_{PT} = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{hvi}^2 \cdot T_i} \quad (3)$$

Onde, a_{hvi} é o valor total da vibração para a tarefa i ; n é o número de exposições parciais às vibrações; T_i é a duração da tarefa i .

O eixo predominante foi determinado segundo os valores de RMS obtidos. Determinou-se em qual eixo, o valor RMS era o maior, sendo este o predominante.

O pico máximo foi determinado como o maior valor de aceleração durante o período de medição considerado. O pico máximo não é um parâmetro legislado no âmbito da exposição às vibrações, ao contrário de outros riscos físicos, como é o caso do ruído. No entanto, reconhece-se que os problemas de saúde são influenciados pelos valores de pico e são possivelmente subestimados por métodos baseados somente em médias de valores eficazes (ISO 1997), como o usado neste estudo. Além do efeito na saúde, o pico máximo pode ter efeitos até mais significativos ao nível do conforto do trabalhador no seu posto de trabalho.

Determinou-se a duração de cada tarefa individualmente, fazendo uma média de todas as tarefas registadas. Foi ainda calculada a fração que essa tarefa representa no período laboral diário (8 h).

Os padrões de VCI (aceleração instantânea em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) em função do tempo foram estabelecidos com uma análise conjunta entre os registos de vibrações e a cronometragem das tarefas, feita paralelamente com as medições. Procuraram-se padrões de comportamentos, com repetibilidade em diversos ciclos de trabalho. Foram estudadas as vias de transmissão de VCI através do assento, das costas e dos pés.

Os valores de aceleração são apresentados nas unidades SI ($\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) e com 3 casas decimais, baseado em estudos semelhantes (Mandal and Srivastava 2010; Smets, Eger et al. 2010).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Perfuração: *rock* de perfuração

4.1.1 Padrões de VCI em função do tempo

VCI com transmissão pela superfície do assento

Na Figura 13 apresenta-se um exemplo (dia 21/06/2013) de uma das monitorizações de VCI, transmitida pela superfície do assento do operador, realizada durante um ciclo de trabalho típico do *rock* de perfuração.

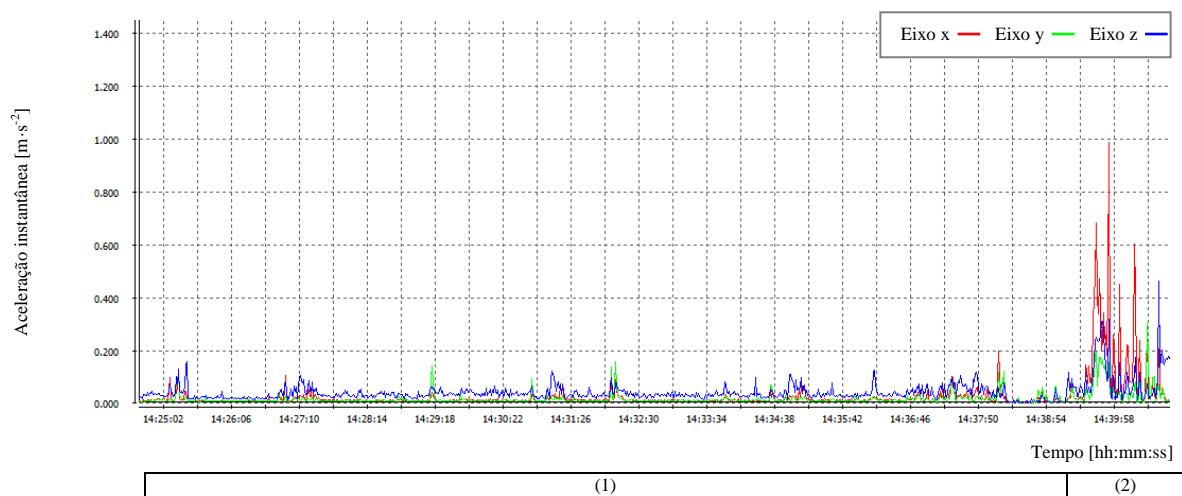


Figura 13. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho do *rock* de perfuração de 21/06/2013.

A Figura 13 permite a identificação de um padrão de VCI, com transmissão pela superfície do assento do operador, representativo da execução de um furo levado a cabo pelo *rock* de perfuração num maciço de gnaiss. Podem distinguir-se duas tarefas claras: (1) perfuração e (2) movimentação e posicionamento do *rock* de perfuração.

A tarefa (1) é a tarefa mais longa e é caracterizada por níveis de VCI muito baixos, abaixo dos $0,200 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Não é possível distinguir na perfuração a entrada das diferentes varas na execução do mesmo furo, nem tão pouco são identificáveis comportamentos associados a outras situações específicas como o contacto da vara com uma porção de rocha mais dura, encravamentos das varas ou outros problemas técnicos que levam à trepidação do veículo. O eixo predominante é o zz, o que indica uma vibração maioritariamente vertical, devido sobretudo à perfuração (vertical).

A tarefa (2), movimentação e posicionamento do veículo, é uma tarefa curta no ciclo de trabalho do *rock* de perfuração, mas que implica níveis vibracionais mais elevados, ultrapassando o VA. É visível um pico de vibração característico, sentido em todos os

eixos coordenados, mas com predominância no eixo longitudinal xx , enquanto há a deslocação do veículo. O *rock* de perfuração movimenta-se através dos rastros o que propicia a trepidação de todo o veículo e a vibração registada. Quando o *rock* já está estabilizado e só existem pequenas manobras para posicionamento da coluna de perfuração, a vibração é menor.

A fim de constatar a repetibilidade do padrão encontrado, apresenta-se na Figura 14 um outro exemplo (dia 18/04/2013), onde se mostra uma sequência de três ciclos de perfuração (3 furos completos), com a respetiva movimentação e posicionamento do veículo no final. O padrão mantém-se, assim como a interpretação feita acima.

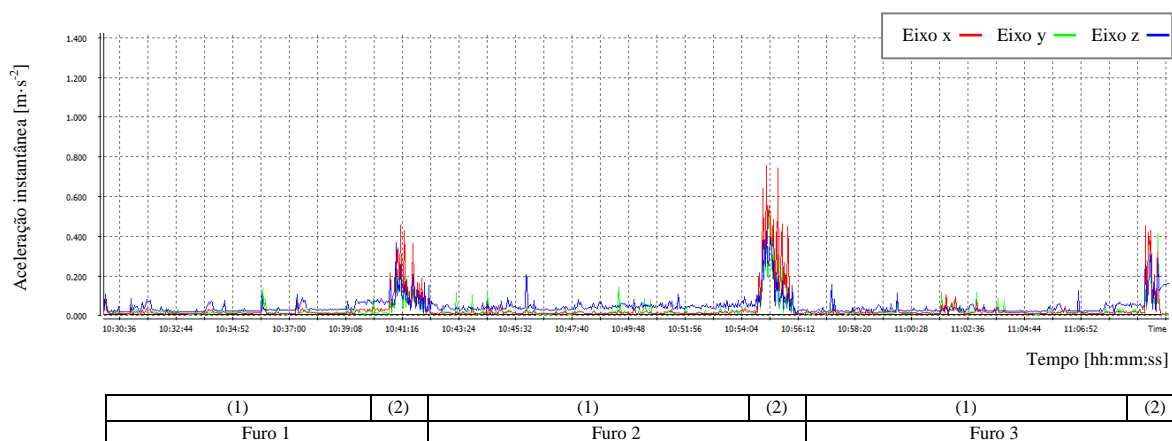


Figura 14. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de uma sequência de três ciclos de trabalho do *rock* de perfuração de 18/04/2013.

A diferença entre os três picos encontrados deve-se ao piso que o *rock* de perfuração encontra na sua movimentação. Embora seja uma distância curta, um troço mais irregular ou com obstáculos, pode conduzir a níveis de vibração maior.

VCI com transmissão pelo encosto do assento (costas)

Na Figura 15 apresenta-se um exemplo (dia 21/06/2013) de uma das monitorizações de VCI, com transmissão pelas costas, realizada durante dois ciclos de trabalho sucessivos, típicos do *rock* de perfuração.

Analisando a transmissão pelas costas, confirma-se a existência de um padrão de VCI. Mantém-se uma extensiva fase de (1) perfuração, com valores residuais de aceleração, e uma curta fase de (2) movimentação/posicionamento do veículo, com um pico de vibração. Os picos sentidos têm uma intensidade maior do que os sentidos com a via de transmissão feita pela superfície do assento.

Outra diferença tem que ver com o eixo predominante que passa a ser o longitudinal xx , constatável, não só na movimentação do veículo, mas sim em toda a medição apresentada na Figura 15.

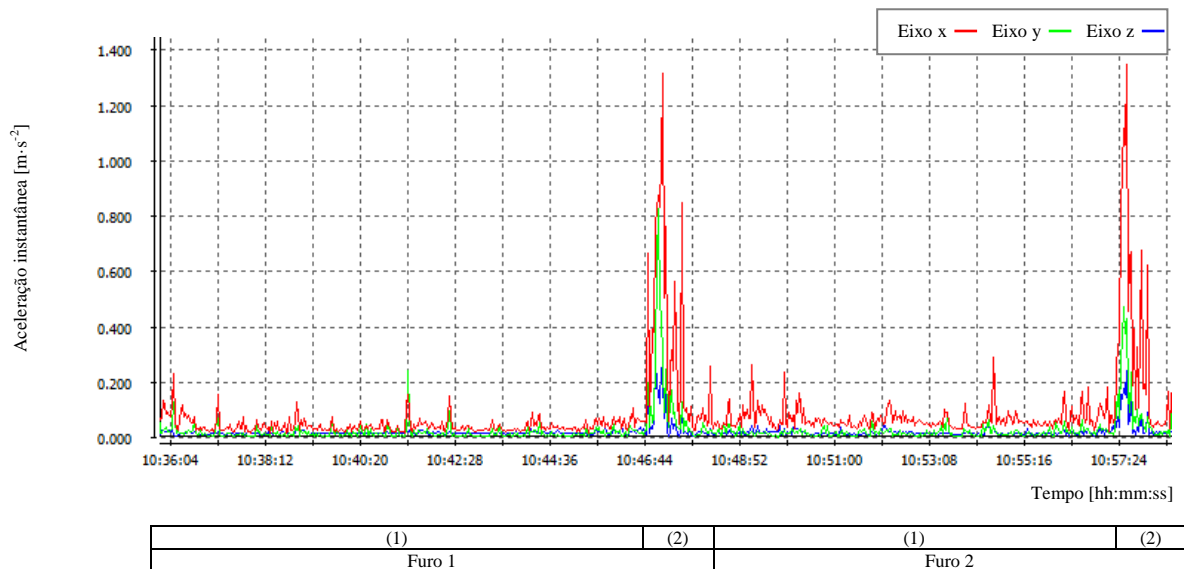


Figura 15. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelas costas, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do *rock* de perfuração de 21/06/2013.

VCI com transmissão pelos pés

Na Figura 16 apresenta-se se um exemplo (dia 21/06/2013) de uma das monitorizações de VCI, transmitida pelos pés, realizada durante dois ciclos de trabalho sucessivos, típicos do *rock* de perfuração.

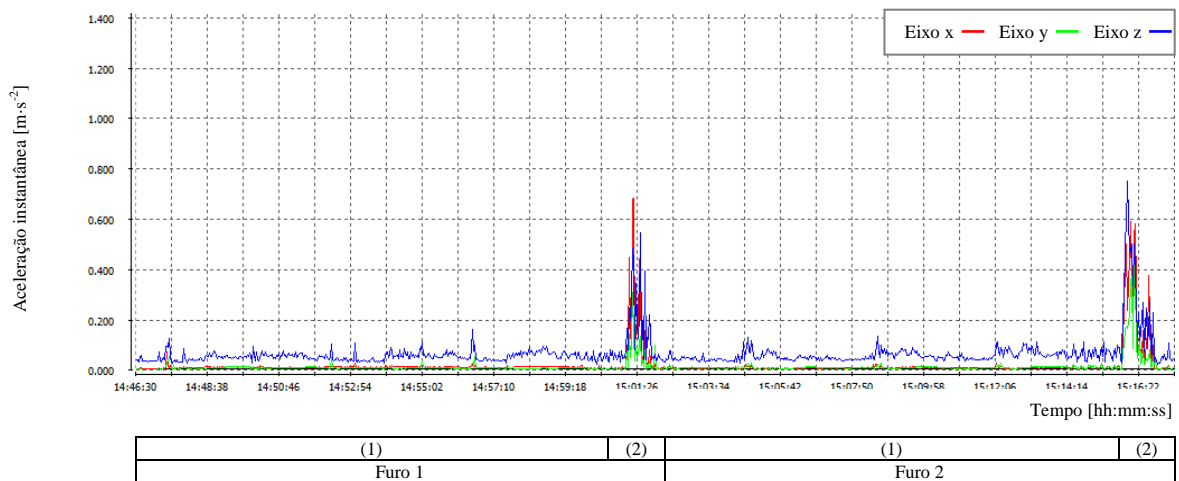


Figura 16. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelos pés, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do *rock* de perfuração de 21/06/2013.

Verifica-se a existência de um padrão de VCI associado ao ciclo de trabalho do *rock* de perfuração com via de transmissão pelos pés. Este é em muito semelhante ao detetado com a via de transmissão pela superfície do assento. Os valores de aceleração, quer na tarefa (1) perfuração, quer na tarefa (2) movimentação/posicionamento do veículo, são da mesma ordem de grandeza.

O eixo vertical *zz* é predominante na grande maioria da medição apresentada. Ao contrário do que seria expectável, na tarefa (2) o eixo longitudinal *xx* não tem um predomínio claro à semelhança dos casos anteriores, embora haja o mesmo pico característico.

4.1.2 Duração das tarefas

Na Tabela 9 apresenta-se uma caracterização ao nível da duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *rock* de perfuração. Apresenta-se o número de vezes que a tarefa foi registada e analisada (*n*), a duração média de cada tarefa, a fração que estas representam no tempo total de trabalho diário (8 h), e ainda o tempo de exposição do trabalhador.

Tabela 9. Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *rock* de perfuração.

Tarefa	(1) Perfuração	(2) Movimentação/posicionamento
n	29	24
Duração média da tarefa [min]	12,1	1,1
% das 8 h de trabalho diário	93	7
Exposição diária [h]	7,4	0,6

Foram analisadas 29 operações de perfuração, o que equivale a 29 furos completos. A execução de cada furo demora, em média, aproximadamente 12 minutos e ocupa 93% do tempo de trabalho útil realizado pelo *rock* de perfuração. Esta tarefa é a mais longa, uma vez que para a realização de um furo é necessária a entrada de 4 varas na coluna de perfuração. Em situações anómalas e pouco frequentes, pode ainda haver encravamentos e outros problemas técnicos que alongam a duração da perfuração.

Por sua vez, foram analisadas 24 operações de movimentação/posicionamento do veículo, cuja duração média foi de aproximadamente 1 minuto. Esta tarefa é bastante curta, representando apenas 7% do tempo total de trabalho do *rock* de perfuração. Nesta tarefa o veículo apenas tem que se deslocar de uma marcação de um furo para a marcação seguinte, segundo o respetivo diagrama de fogo, o que na maioria dos casos corresponde a 1 metro de distância.

4.1.3 Eixo predominante

A Tabela 10 caracteriza as tarefas realizadas pelo *rock* de perfuração em termos de eixo coordenado predominante.

Tabela 10. Eixo coordenado predominante nas tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *rock* de perfuração.

		(1) Perfuração	(2) Movimentação/posicionamento
Via de transmissão	Assento	<i>zz</i>	<i>xx</i>
	Costas	<i>xx</i>	<i>xx</i>
	Pés	<i>zz</i>	<i>xx</i>

Na tarefa (1) o eixo predominante depende da via de transmissão de VCI. Quando esta é feita pela superfície do assento ou pelos pés, o eixo predominante é o vertical zz . Tal deve-se à perfuração executada na vertical. Além disso, como o veículo está parado, a vibração do motor é também ela transmitida e sentida no eixo vertical. Por sua vez, quando a transmissão é feita pelas costas o eixo predominante é o longitudinal xx .

Na tarefa (2) verifica-se que independentemente da via de transmissão de VCI em análise, o eixo predominante é sempre o longitudinal xx . Isto vem de encontro ao ilustrado acima nos padrões de VCI em função do tempo. Esta tarefa específica é caracterizada por um pico de vibração sentido sobretudo no eixo longitudinal xx . Tal pode dever-se ao tipo de movimentação do *rock* de perfuração, que se move por rastos.

4.1.4 Exposição do trabalhador a VCI – RMS e A(8)

Na Tabela 11 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada ao *rock* de perfuração.

Tabela 11. Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no *rock* de perfuração.

		RMS [m·s ⁻²]			A(8) [m·s ⁻²]		
		Assento	Costas	Pés	Assento	Costas	Pés
Por tarefa	(1) Perfuração	0,047	0,066	0,053	0,044	0,062	0,050
	(2) Movimentação/posicionamento do veículo	0,277	0,436	0,219	0,076	0,119	0,060
Por posto de trabalho – <i>rock</i> de perfuração		0,060	0,181	0,058	0,088	0,134	0,078

A tarefa (1) perfuração apresenta valores de RMS e A(8) bastante inferiores à tarefa (2) movimentação/posicionamento. Assim, dentro do posto de trabalho que é o *rock* de perfuração, a tarefa mais crítica, em termos de exposição do trabalhador a VCI é a tarefa (1). No entanto, convém ressaltar que mesmo esta tarefa não excede em nenhuma situação o valor limite de ação (0,5 m·s⁻²), o A(8) do *rock* de perfuração é de 0,088 m·s⁻². O trabalhador que opera o *rock* de perfuração está salvaguardado quanto ao risco físico das VCI.

Avaliando a sensação de conforto para o trabalhador, segundo a ISO 2631-1:1997, o posto de trabalho não é desconfortável. A tarefa (2) pode tornar-se ‘ligeiramente desconfortável’, devido sobretudo à vibração transmitida pelas costas. No entanto, como é executada num curto espaço de tempo, não prejudica o posto de trabalho.

A via de transmissão da VCI que conduz a uma maior exposição é feita pelas costas, registando os valores de RMS e A(8) mais elevados. Segue-se o assento e os pés, por ordem decrescente.

Os valores de A(8) são regra geral mais baixos do que os valores de RMS. Isto deve-se ao facto de o cálculo do A(8) entrar em linha de conta com o tempo de exposição. No caso do

rock, a perfuração tem uma exposição maior, mas menos intensa em amplitude de vibração, o que dilui a vibração ao longo das 8 horas de exposição.

O cálculo dos indicadores de exposição a VCI veio confirmar o verificado pela ilustração gráfica dos padrões.

4.1.5 Pico máximo

Na Tabela 12 apresentam-se os valores de pico obtidos durante a monitorização feita no *rock* de perfuração.

Tabela 12. Picos máximos registados no *rock* de perfuração.

				Pico máximo [m·s ⁻²]			
		Assento		Costas		Pés	
Por tarefa	(1) Perfuração	6,761	zz	13,804	xx	1,259	zz
	(2) Movimentação/posicionamento do veículo	17,783	zz	5,495	xx	2,818	zz
Por posto de trabalho – <i>rock</i> de perfuração		17,783	zz	13,804	xx	2,818	zz

O pico mais elevado foi registado na execução da tarefa (2) movimentação/posicionamento do *rock* de perfuração, com via de transmissão pela superfície do assento e sentido no eixo vertical zz. Mais uma vez, se conclui que esta tarefa é a mais crítica, em termos de exposição a VCI, do ciclo de trabalho do *rock* de perfuração.

Os picos registados com via de transmissão pela superfície do assento e pés foram sempre sentidos no eixo vertical zz. Por sua vez, quando a via de transmissão foi pelas costas, o pico foi sentido no eixo longitudinal xx.

Os picos sentidos pelos pés são significativamente mais baixos, do que pela superfície do assento ou pelas costas. Naturalmente a base da cabine está menos sujeita a picos do que o banco onde está o trabalhador.

4.2 Carga: Pá carregadora giratória

4.2.1 Padrões de VCI em função do tempo

VCI com transmissão pela superfície do assento

Figura 17 e Figura 18 apresentam dois exemplos de monitorizações de VCI, transmitidas pela superfície do assento do operador, realizadas durante um ciclo de trabalho típico da pá carregadora giratória em dois dias distintos (dia 30/05/2013 e 13/06/2013).

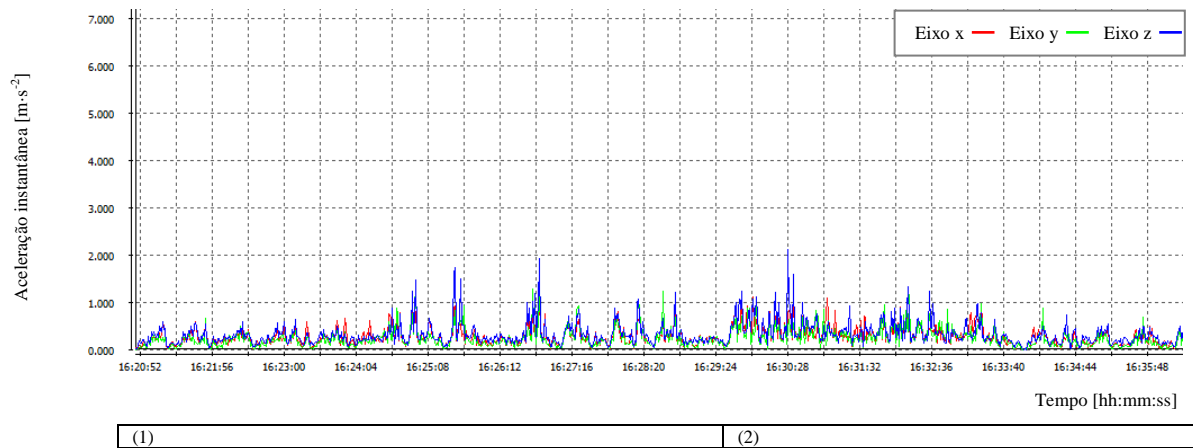


Figura 17. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em m.s⁻²) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 30/05/2013.

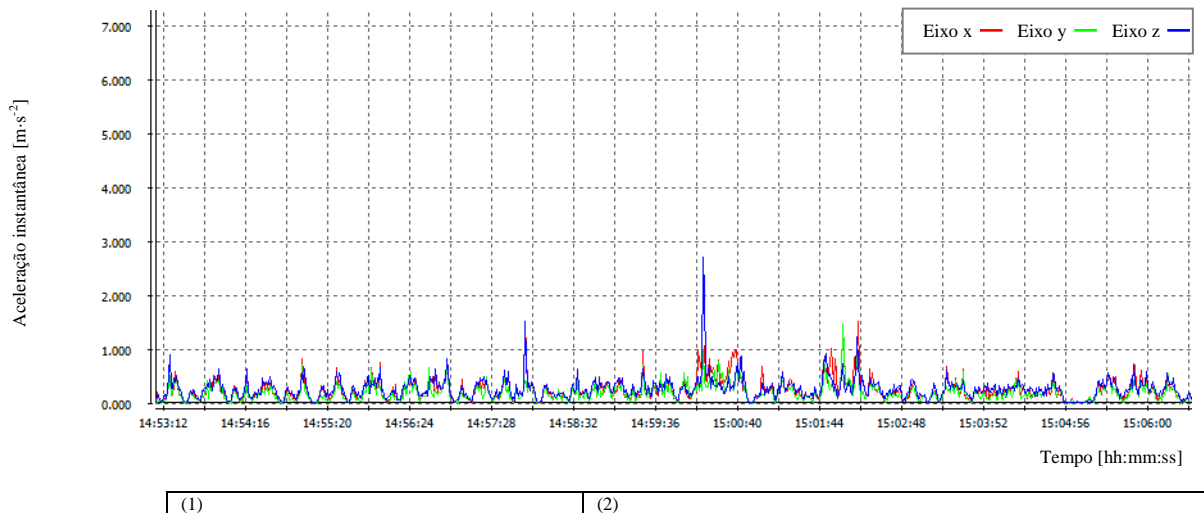


Figura 18. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em m.s⁻²) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 13/06/2013.

A Figura 17 e Figura 18 compreendem dois ciclos de trabalho da pá carregadora giratória, incluindo as tarefas de (1) carga de camiões/*dumpers* e (2) arrumação do material desmontado. Contudo estas tarefas não são distinguíveis individualmente, não sendo visível um padrão de vibração. Isto é, não é associado a cada tarefa um comportamento em termos de vibração transmitida ao corpo humano característico que permita, por si só, identificar a tarefa.

O comportamento gráfico do ciclo de trabalho da pá carregadora giratória é muito acidentado e irregular. Tal vai de encontro ao próprio trabalho deste equipamento que está muito dependente do material, da sua posição, do arrumo já efetuado, do desmonte que é necessário fazer, da facilidade de carga, entre outros.

O eixo predominante de exposição à vibração é o eixo vertical zz , embora seja possível identificar picos no eixo lateral yy e no eixo longitudinal xx .

Apesar de ainda se recorrer às gravações vídeo, a sincronização não permitiu a associação de determinadas tarefas a uma determinada característica de VCI (p. ex. o eixo predominante). Tal deve-se sobretudo à aleatoriedade e brevidade dos acontecimentos.

VCI com transmissão pelas costas

Na Figura 19 apresenta-se um exemplo (dia 13/06/2013) de uma das monitorizações de VCI, com transmissão pelas costas, realizada durante dois ciclos de trabalho sucessivos, típicos do trabalho da pá carregadora giratória.

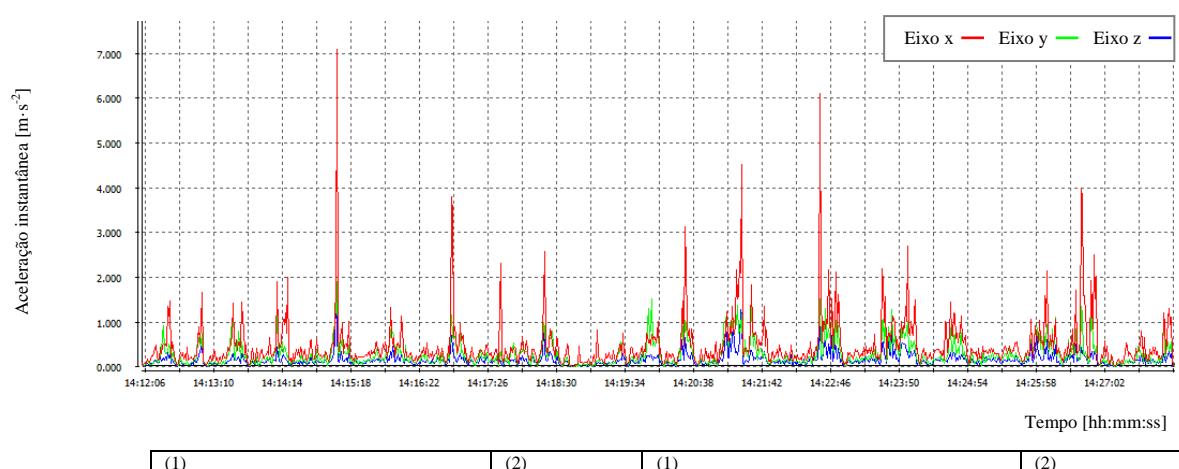


Figura 19. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelas costas, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 13/06/2013.

Na Figura 19 continua a não ser visível um padrão de VCI associado a cada tarefa que a pá carregadora giratória executa, isto é, (1) carga de camiões/*dumpers* e (2) arrumação do material desmontado.

Comparado com a

Figura 17 e Figura 18, é possível verificar diferenças acentuadas. Quando a via de transmissão da VCI é as costas, os valores de aceleração são maiores e o eixo dominante é o longitudinal xx .

VCI com transmissão pelos pés

Na Figura 20 apresenta-se se um exemplo (dia 13/06/2013) de uma das monitorizações de VCI, transmitida pelos pés, realizada durante dois ciclos de trabalho sucessivos, típicos do trabalho da pá carregadora giratória.

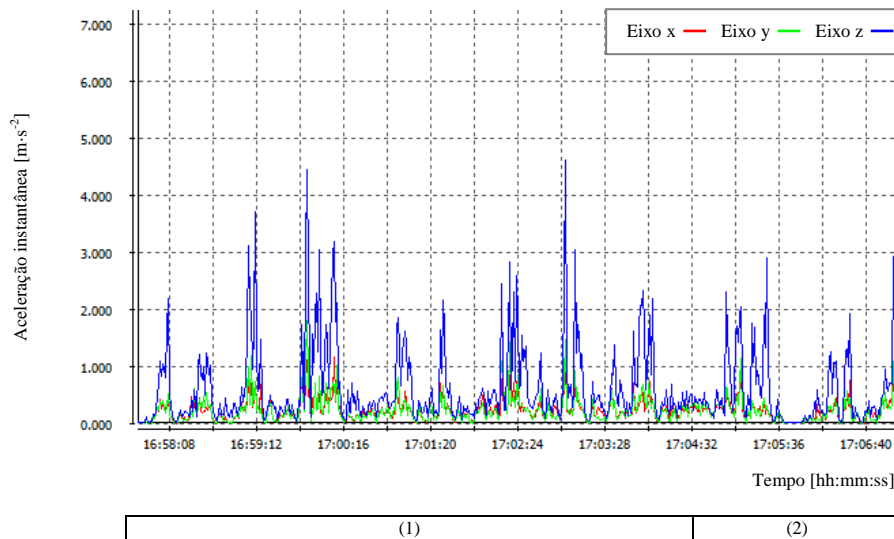


Figura 20. Exemplo de uma monitorização de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelos pés, de um ciclo de trabalho da pá carregadora giratória de 13/06/2013.

De novo não são distinguíveis as várias tarefas levadas a cabo pela pá carregadora giratória. O aspeto gráfico da monitorização de VCI em função do tempo mostra um comportamento sinuoso e instável.

Os níveis de vibração são elevados, mais do que com a transmissão pela superfície do assento, mas menos do que com transmissão pelas costas. O eixo predominante é o vertical z .

4.2.2 Duração das tarefas

Na Tabela 13 apresenta-se uma caracterização ao nível da duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da pá carregadora giratória. Apresenta-se o número de vezes que a tarefa foi registada e analisada (n), a duração média de cada tarefa, a fração que estas representam no tempo total de trabalho diário (8 h), e ainda o tempo de exposição do trabalhador.

Tabela 13. Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho da pá carregadora giratória.

Tarefa	(1) Carga	(2) Arrumação do material desmontado	Espera
n	45	43	22
Duração média da tarefa [min]	6,0	7,3	2,6
% tempo gasto	42	49	9
Exposição diária [h]	3,3	4,0	0,7

Foram analisadas 45 operações de carga de camiões/*dumpers* (1) levadas a cabo pela pá carregadora giratória. Em média, esta tarefa dura 6 minutos e representa 42% do tempo de trabalho total. A operação de carga está dependente da arrumação e seleção do material

desmontado previamente, o que condiciona a facilidade de carga e consequentemente o tempo dispensado.

A tarefa (2) foi observada e registrada 43 vezes. Esta tem uma duração média de 7,3 minutos, ligeiramente superior à tarefa (1). A arrumação do material desmontado ocupa quase metade do tempo (49%) do tempo de trabalho da pá.

Os momentos de pausa (espera) têm uma duração de apenas 2,6 minutos, em média, e representam 9% do tempo total. Estes devem-se a momentos de descanso tomados por iniciativa do operador.

4.2.3 Eixo predominante

A Tabela 14 caracteriza as tarefas realizadas pela pá carregadora giratória em termos de eixo coordenado predominante.

Tabela 14. Eixo coordenado predominante nas tarefas associadas ao ciclo de trabalho da pá carregadora giratória.

		(1) Carga	(2) Arrumação do material desmontado	(3) Espera
Via de transmissão	Assento	xx e yy	xx e yy	zz
	Costas	xx	xx	xx
	Pés	zz	zz	zz

Quando a transmissão da VCI é feita pelos pés, a vibração é sentida maioritariamente no eixo vertical zz, independentemente da tarefa em causa. O mesmo se passa com a transmissão pelas costas, sendo o eixo predominante o eixo longitudinal xx.

No caso da via de transmissão ser o assento, o eixo predominante depende da tarefa em causa. As operações de (1) carga e (2) arrumação do material desmontado não têm um eixo claramente dominante na maioria da monitorização, ao contrário das restantes. Nestas operações tão instáveis, acidentadas e sem um padrão definido (como constatado acima), tanto o eixo longitudinal xx, como o lateral yy têm uma forte marca. Ambas as operações estão muito dependentes da forma como o material desmontado está selecionado/arrumado e do próprio desmonte que a pá carregadora giratória faz.

A vibração sentida no eixo longitudinal xx e no lateral yy, simultaneamente, pode tornar a cabeça e a coluna vertebral instáveis, causando não só o desconforto do trabalhador mas também colocando a coluna vertebral mais vulnerável (Kumar 2004).

Os resultados aqui obtidos não vão totalmente de encontro aos estudos de Dentoni and Massacci (2013) e de Aye and Heyns (2011) que indicam que, em operações de carga e arrumação do material, o eixo predominante é o vertical zz e o eixo longitudinal xx. Neste estudo essas mesmas tarefas têm como eixo predominante característico o longitudinal xx, mas também o lateral yy.

4.2.4 Exposição do trabalhador a VCI – RMS e A(8)

Na Tabela 15 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada à pá carregadora giratória.

Tabela 15. Caracterização da exposição do trabalhador a VCI na pá carregadora giratória.

		RMS [m·s ⁻²]			A(8) [m·s ⁻²]		
		Assento	Costas	Pés	Assento	Costas	Pés
Por tarefa	(1) Carga	0,394	0,559	0,557	0,253	0,359	0,358
	(2) Arrumação do material	0,507	0,456	0,632	0,359	0,322	0,447
	Espera	0,067	0,096	0,005	0,020	0,096	0,005
Por posto de trabalho - Pá carregadora giratória		0,372	0,490	0,554	0,412	0,483	0,572

Não há uma clara distinção entre a exposição a VCI na tarefa (1) e (2), estando os valores de RMS e A(8) associados a cada tarefa próximos entre si. Estas tarefas são similares e muito inconstantes, estando dependentes de vários fatores alheios à máquina e ao operador (p. ex. estado do maciço rochoso e do material desmontado, experiência do trabalhador). Tal pode comprovar a necessidade de tempos de amostragem suficientemente elevados neste posto de trabalho, de tal modo que seja possível cobrir vários ciclos de trabalho, tentando contornar a sua heterogeneidade.

Os momentos de espera são, naturalmente, aqueles em que a exposição a VCI é menor. Isto porque a máquina, embora com o motor ligado, está parada, não realizando nenhum movimento.

Em comparação com os valores de RMS do estudo de Dentoni and Massacci (2013), (1) carga 1,22 m·s⁻² e (2) arrumação do material 0,74 m·s⁻², os valores aqui obtidos foram bastante superiores, 0,394 e 0,507 m·s⁻², respetivamente. Em comparação está uma escavadora CAT 219 LC de 1988 e uma CAT 374 D de 2011. Embora mais recente, a CAT 374 D tem maior potência, e expõe mais o trabalhador às VCI. Estas diferenças também vêm corroborar a influência de fatores externos à máquina, tal como sugerido acima.

Os pés são a via de transmissão com valores mais elevados de exposição a VCI, das três vias de transmissão em análise. Isto deve-se sobretudo à colocação da máquina (pá carregadora giratória) em cima do material já desmontado para operação, este pouco consistente e instável. Além disso, a cabine giratória está continuamente em movimento. Todos os movimentos da pega induzem movimento e, conseqüentemente, vibração na estrutura principal da máquina. A exposição diária a VCI na pá carregadora, com via de transmissão pelos pés, é de 0,572 m·s⁻².

A aceleração transmitida pelos pés e costas influencia a sensação de conforto por parte do trabalhador. Neste caso, a tarefa mais desconfortável é a (2), sendo classificada como ‘razoavelmente desconfortável’. No geral, o posto de trabalho pode ser classificado de ‘ligeiramente desconfortável’ a ‘razoavelmente desconfortável’.

Com relevância para o efeito na saúde do trabalhador, o valor da exposição diária às vibrações, $A(8)$, é de $0,412 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, estando abaixo do valor de ação.

4.2.5 Pico máximo

Na Tabela 16 apresentam-se os valores de pico obtidos durante a monitorização feita na pá carregadora giratória.

Tabela 16. Picos máximos registados na pá carregadora giratória.

				Pico máximo [$\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$]			
		Assento		Costas		Pés	
Por tarefa	(1) Carga	16,788	zz	37,154	xx	20,417	zz
	(2) Arrumação do material	16,406	zz	33,113	xx	13,032	zz
	Espera	8,710	zz	0,123	xx	0,822	zz
Por posto de trabalho – Pá carregadora giratória		16,788	zz	37,154	xx	20,417	zz

O pico máximo foi sentido, em todas as vias de transmissão de VCI, durante a execução da tarefa (1) carga.

Os picos sentidos com transmissão pela superfície do assento e pés são sentidos sempre no eixo vertical zz. Por sua vez, quando a transmissão é feita pelas costas, os picos são sentidos no eixo longitudinal xx.

4.3 Transporte: *Dumper*

4.3.1 Padrões de VCI em função do tempo

VCI com transmissão pela superfície do assento

A Figura 21 ilustra um exemplo (dia 13/06/2013) de uma monitorização de VCI, transmitida pela superfície do assento, realizada durante um ciclo de trabalho do *dumper*.

Na Figura 21 distingue-se claramente um padrão de VCI característico do ciclo de trabalho do *dumper*. Este inclui as tarefas de viagem descarregado até à frente de desmonte (4), carga pela pá carregadora giratória (1), viagem carregado até local próprio (2) e descarga (3).

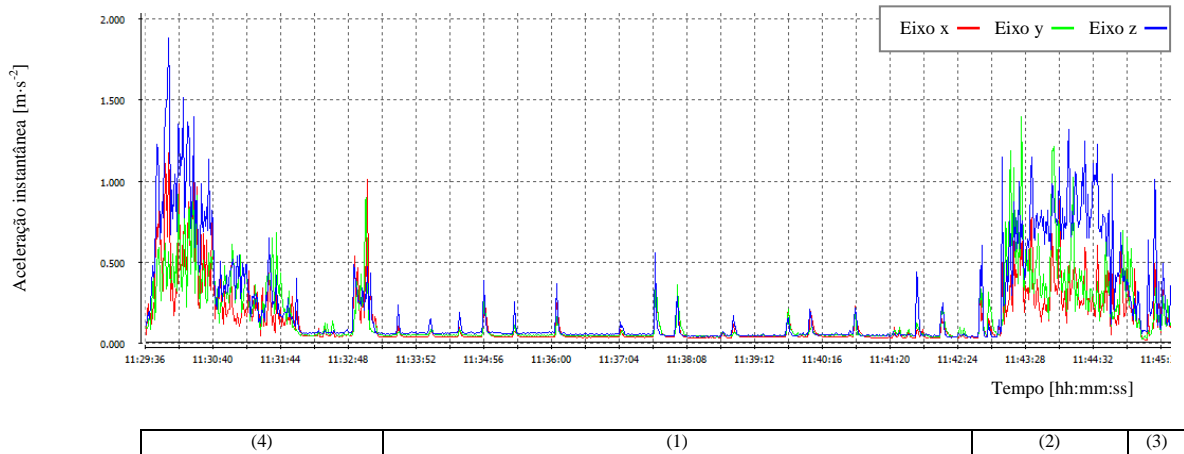


Figura 21. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de um ciclo de trabalho do *dumper* de 13/06/2013.

As operações que envolvem a movimentação do veículo, isto é, o transporte, acarretam níveis de vibração mais elevados do que a operação de carga, tal como verificado por Salmoni, Cann et al. (2010). A movimentação do veículo descarregado gera VCI maior do que a movimentação deste quando carregado, uma vez que a massa total (veículo + carga) é menor.

A operação de carga (1) o *dumper* fica estacionado, enquanto é carregado pela pá. Assim, esta operação é caracterizada por níveis de vibração residuais interrompidos por picos acentuados que correspondem aos baldes carregados pela pá carregadora giratória. Estas ao baterem na caixa do *dumper* (caçamba na gíria da pedreira) provocam o impacto. A magnitude da vibração sentida depende de fatores como o tipo de material carregado, a quantidade de carga já carregada, a prática do trabalhador que conduz as manobras de carga, entre outros.

Na operação de descarga há uma súbita descida do nível de vibração pela paragem do veículo e de novos picos de vibração, quer pela descarga em si e o rolamento do material, quer pelo baixar da caixa do *dumper* e consequente impacto na cabine do operador.

O eixo dominante foi na maioria do tempo de monitorização o eixo vertical zz , sendo, por isso também, o eixo predominante em todas as tarefas.

Uma visão mais alargada temporalmente e a fim de confirmar a repetibilidade do padrão de VCI descrito, é ilustrada na Figura 22 um outro exemplo (dia 19/04/2013), onde se representa uma sequência de três ciclos de trabalho do *dumper*.

O comportamento descrito anteriormente repete-se ao longo do tempo e de acordo com a tarefa em causa. O eixo vertical zz é claramente o dominante em toda a monitorização feita.

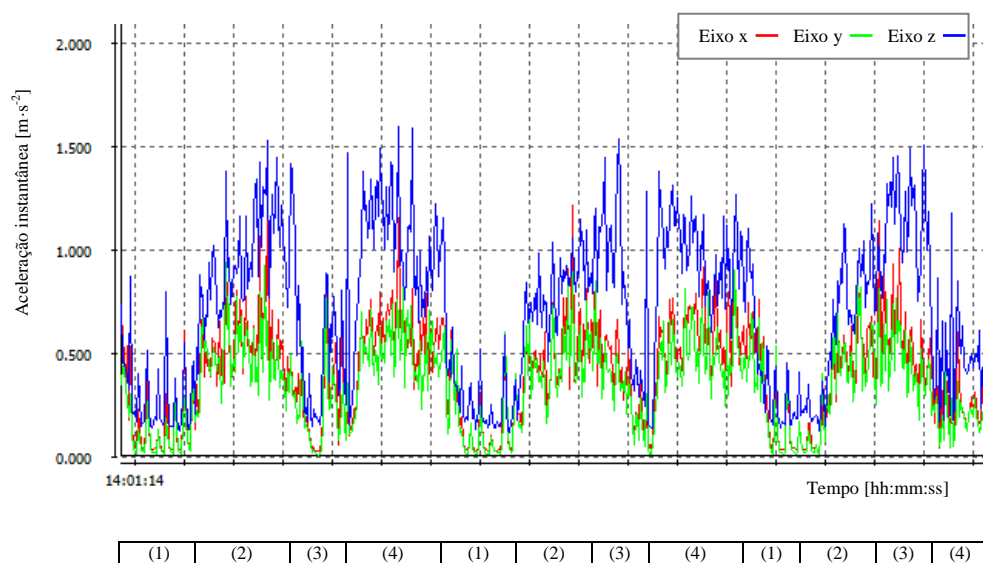


Figura 22. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pela superfície do assento, de uma sequência de três ciclos de trabalho do *dumper* de 19/04/2013.

VCI com transmissão pelas costas

Na Figura 23 apresenta-se um exemplo (dia 13/06/2013) de uma das monitorizações de VCI, com transmissão pelas costas, realizada durante dois ciclos de trabalho típicos do *dumper*.

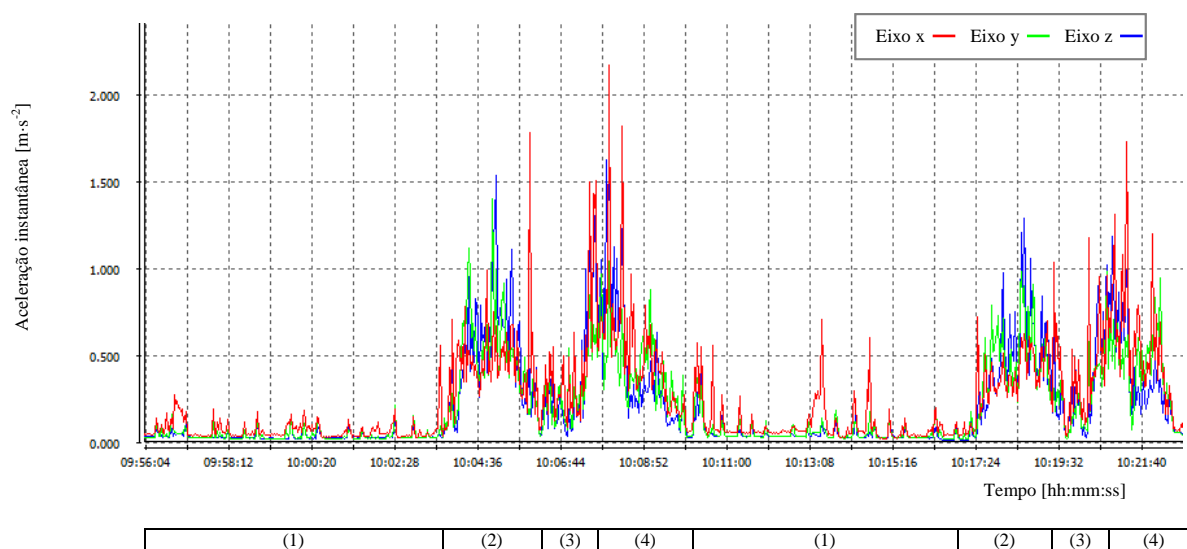


Figura 23. Exemplo de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelas costas, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do *dumper* de 13/06/2013.

O padrão de VCI com transmissão pelas costas mantém-se com um aspeto gráfico idêntico ao encontrado quando a via de transmissão é o assento. A grande diferença está no eixo predominante que passa a ser o longitudinal xx.

As tarefas realizáveis pelo *dumper* são claramente distinguíveis. De notar apenas que na operação de carga, os picos não são tão definidos.

VCI com transmissão pelos pés

Na Figura 24 apresenta-se um exemplo (dia 13/06/2013) de uma das monitorizações de VCI, transmitida pelas pés, realizada durante dois ciclos de trabalho típicos do *dumper*.

Mais uma vez, o padrão de VCI, com transmissão pelos pés, é semelhante ao encontrado com transmissão pela superfície do assento. As tarefas continuam claramente distinguíveis e seguem o mesmo padrão de comportamento, de acordo com a tarefa em questão. O eixo predominante é o vertical zz .

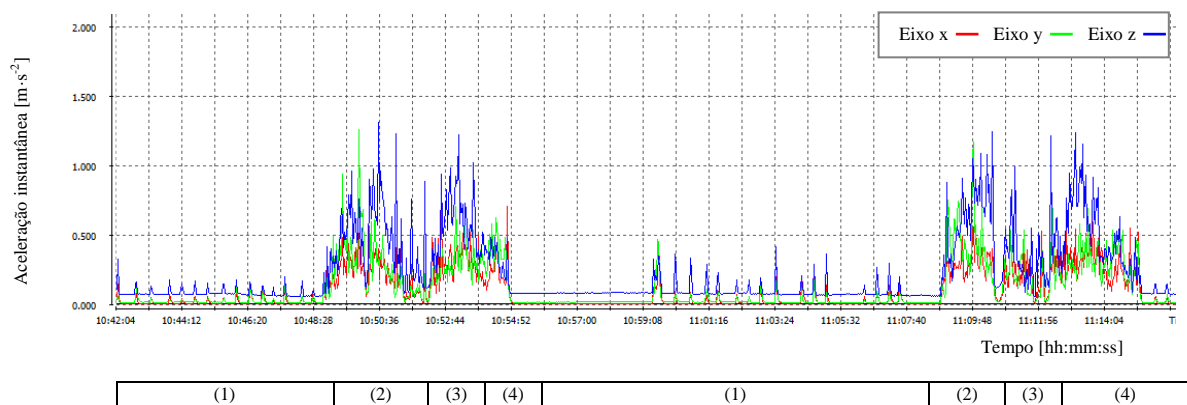


Figura 24. Exemplo de 13/06/2013 de um padrão de VCI (aceleração instantânea em $m \cdot s^{-2}$) em função do tempo, com transmissão pelos pés, de uma sequência de dois ciclos de trabalho do *dumper*.

4.3.2 Duração das tarefas

Na Tabela 17 apresenta-se uma caracterização ao nível da duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *dumper*. Apresenta-se o número de vezes que a tarefa foi registada e analisada (n), a duração média de cada tarefa, a fração que estas representam no tempo total de trabalho diário (8 h), e ainda o tempo de exposição do trabalhador.

Tabela 17. Duração das tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *dumper*.

Tarefa	(1) Carga	(2) Transporte carregado	(3) Descarga	(4) Transporte descarregado	Espera
n	27	30	29	29	10
Duração média da tarefa [min]	4,6	3,6	0,6	3,2	2,3
% tempo gasto	34	29	5	25	7
Exposição diárias [h]	2,6	2,3	2,0	0,4	0,6

Foram analisadas 27 operações de carga, sendo a duração média de 4,6 minutos. Esta operação tem um peso de 34% no ciclo de trabalho do *dumper*, sendo a tarefa onde despende mais tempo.

O transporte do *dumper* carregado tem uma duração média de 3,6 minutos, correspondendo a 29% do tempo total despendido no seu ciclo de trabalho. Por sua vez, o transporte descarregado, com o mesmo percurso, é ligeiramente mais rápido, tendo uma duração média de 3,2 minutos. O veículo sem carga, torna-se mais leve, possibilitando manobras e deslocações mais céleres.

A descarga é um evento curto no ciclo de trabalho do *dumper* (5%), com uma duração média inferior a um minuto (0,6 min).

Os momentos de espera devem-se sobretudo quando a pá carregadora está ocupada, não sendo possível no imediato a carga do *dumper*. Assim, o operador estaciona o veículo em zona apropriada e aguarda a chamada. As pausas são extremamente variáveis, sendo a duração média de 2,3 minutos. Os momentos de pausa, e consequente tempo de inatividade com produtividade zero, representam 7% do tempo total de trabalho.

Comparando os valores obtidos neste estudo e os obtidos por Smets, Eger et al. (2010) - Tabela 18, verifica-se que não há uma concordância evidente. O autor conclui que a operação de transporte carregado é aquela onde o trabalhador depende mais tempo e, no caso deste estudo é a operação de carga. No entanto, a tarefa mais curta é a descarga, por ambos constatado. As diferenças obtidas podem também ser explicadas pelos autores não terem considerado a percentagem do tempo gasto em momentos de espera.

Tabela 18. Comparação do resultados do tempo gasto em cada fase do ciclo de trabalho do *dumper* neste estudo e no estudo de Smets, Eger et al. (2010).

	Presente estudo	Smets, Eger et al. (2010)
(1) Carga	34%	28%
(2) Transporte carregado	29%	37%
(3) Descarga	5%	6%
(4) Transporte descarregado	25%	29%
Espera	7%	-

4.3.3 Eixo predominante

A Tabela 19 caracteriza as tarefas realizadas pelo *dumper* em termos de eixo coordenado predominante.

No *dumper* o eixo predominante não depende tanto da tarefa em causa, mas sim da via da via de transmissão de VCI. Isto é, quando a via de transmissão é o assento ou os pés, o eixo predominante é o vertical *zz*, em qualquer tarefa. Por sua vez, quando a via de transmissão é feita pelas costas o eixo predominante é o longitudinal *xx*, em todas as tarefas.

Tabela 19. Eixo coordenado predominante nas tarefas associadas ao ciclo de trabalho do *dumper*.

		(1) Carga	(2) Transporte carregado	(3) Descarga	(4) Transporte descarregado	Espera
Via de transmissão	Assento	zz	zz	zz	zz	zz
	Costas	xx	xx	xx	xx	xx
	Pés	zz	zz	zz	zz	zz

4.3.4 Exposição do trabalhador a VCI – RMS e A(8)

Na Tabela 20 apresenta-se a caracterização da exposição a VCI associada ao *dumper*.

Tabela 20. Caracterização da exposição do trabalhador a VCI no *dumper*.

		RMS [m·s ⁻²]			A(8) [m·s ⁻²]		
		Assento	Costas	Pés	Assento	Costas	Pés
Por tarefa	(1) Carga	0,220	0,098	0,087	0,110	0,056	0,049
	(2) Transporte carregado	0,821	0,462	0,514	0,440	0,248	0,276
	(3) Descarga	0,319	0,268	0,206	0,072	0,060	0,046
	(4) Transporte descarregado	0,754	0,516	0,426	0,377	0,258	0,213
	Espera	0,175	0,176	0,090	0,048	0,048	0,025
Por posto de trabalho - <i>Dumper</i>		0,594	0,235	0,219	0,596	0,365	0,356

As tarefas que incluem o transporte, carregado (2) e descarregado (4), são as mais críticas em relação à exposição a VCI, tendo estas os valores de RMS e A(8) mais elevados. Tal vem em concordância com os estudos de Kumar (2004) e Smets, Eger et al. (2010). Em sentido oposto, estão os momentos de espera (inatividade do veículo), onde se registam os valores de RMS e A(8) mais baixos. Isto porque, embora o veículo tenha o motor ligado, está imóvel, sendo a vibração transmitida residual. Tal também foi constatado por Kumar (2004) e Smets, Eger et al. (2010).

A exposição diária A(8) a VCI do posto de trabalho *dumper*, na posição sentada e com a via de transmissão pela superfície do assento, é de 0,596 m·s⁻². Este valor ultrapassa o nível de ação (0,5 m·s⁻²). Tal leva a que o trabalhador seja continuamente sujeito a uma carga vertical, causando a compressão dos discos intervertebrais. Numa exposição de longa duração, pode aumentar a suscetibilidade da coluna, propiciando a sua degeneração ou o aparecimento de outras doenças relacionadas (Seidel and Heide 1986; Dupuis 1994; Wikström, Kjellberg et al. 1994; Kumar 2004). Paralelamente, as oscilações do corpo do trabalhador no eixo longitudinal (movimentação na direção ântero-posterior, vulgo efeito de “chicote” para a frente) irão aumentar a carga na coluna vertebral, podendo aumentar a instabilidade e o *stress* do trabalhador (Kumar 2004).

Segundo a ISO 2631-1:1997, numa perspetiva de perceção do conforto do posto de trabalho, as tarefas mais críticas, (2) e (4), são classificadas como ‘razoavelmente

desconfortáveis'. No entanto, no geral, o posto de trabalho *dumper* é apenas 'ligeiramente desconfortável'.

As vias de transmissão pelas costas e pelos pés, embora com amplitudes de vibração menores que as registada pela superfície do assento, têm valores significativos. Isto pode levar a que o método básico de avaliação da vibração possa subestimar os efeitos da vibração. Assim, deve ser complementado com a combinação de vibrações em mais que uma direção, ou métodos alternativos como o valor eficaz em contínuo ou o valor de quarta potência da dose de vibração (ISO 1997).

4.3.5 Pico máximo

Na Tabela 21 apresentam-se os valores de pico obtidos durante a monitorização feita no *dumper*.

Tabela 21. Picos máximos registados no *dumper*.

			Pico máximo [m.s ⁻²]				
			Assento		Costas		Pés
Por tarefa	(1) Carga		3,090	zz	2,188	xx	0,484 zz
	(2) Transporte carregado		2,541	zz	4,027	xx	1,738 zz
	(3) Descarga		2,317	zz	2,483	xx	1,035 zz
	(4) Transporte descarregado		3,051	zz	4,074	xx	1,531 zz
	Espera		0,432	zz	0,668	xx	0,457 zz
Por posto de trabalho – <i>Dumper</i>			3,090	zz	4,074	xx	1,738 zz

Os picos máximos verificam-se durante a execução das tarefas de transporte, (2) carregado e (4) descarregado. Como se tinha verificado pelos valores de RMS e A(8), também aqui, pelo pico máximo, são estas as tarefas mais críticas na exposição a VCI.

Os picos sentidos pela via de transmissão do assento e dos pés são sempre no eixo vertical zz. Por sua vez, quando a via de transmissão é pelas costas, o pico passa a ser sentido no eixo longitudinal xx.

4.4 Síntese de resultados

Na Tabela 22 apresenta-se uma súmula de todos os resultados obtidos.

Tabela 22. Súmula dos resultados obtidos nos três postos de trabalhos em estudo.

PT	Tarefas Posto de trabalho	% de tempo despendido em cada tarefa	Exposição diária [h]	Eixo predominante (xx / yy / zz)			Exposição do trabalhador						Pico máximo [m·s ⁻²]						
							RMS [m·s ⁻²]			A(8) [m·s ⁻²]									
				Assento	Costas	Pés	Assento	Costas	Pés	Assento	Costas	Pés	Assento	Costas	Pés				
Rock	Por tarefa	(1) Perfuração	92,9%	7,4	zz	xx	zz	0,047	0,066	0,053	0,044	0,062	0,050	6,761	zz	13,804	xx	1,259	zz
		(2) Movimentação/ posicionamento do veículo	7,1%	0,6	xx	xx	zz	0,277	0,436	0,219	0,076	0,119	0,060	17,783	zz	5,495	xx	2,818	zz
	Por posto de trabalho - Rock		-	8,0	-	-	-	0,060	0,181	0,058	0,088	0,134	0,078	17,783	zz	13,804	xx	2,818	zz
Pá carregadora giratória	Por tarefa	(1) Carga	41,9%	3,3	xx, yy	xx	zz	0,394	0,559	0,557	0,253	0,359	0,358	16,788	zz	37,154	xx	20,417	zz
		(2) Arrumação do material	49,3%	4,0	xx, yy	xx	zz	0,507	0,456	0,632	0,359	0,322	0,447	16,406	zz	33,113	xx	13,032	zz
		Espera	8,8%	0,7	zz	xx	zz	0,067	0,096	0,005	0,020	0,096	0,005	8,710	zz	0,123	xx	0,822	zz
	Por posto de trabalho - Pá carregadora giratória		-	8,0	-	-	-	0,372	0,490	0,554	0,412	0,483	0,572	16,788	zz	37,154	xx	20,417	zz
Dumper	Por tarefa	(1) Carga	32,8%	2,6	zz	xx	zz	0,220	0,098	0,087	0,110	0,056	0,049	3,090	zz	2,188	xx	0,484	zz
		(2) Transporte carregado	29,3%	2,3	zz	yy	zz	0,821	0,462	0,514	0,440	0,248	0,276	2,541	zz	4,027	xx	1,738	zz
		(3) Descarga	25,4%	0,4	zz	xx	zz	0,319	0,268	0,206	0,072	0,060	0,046	2,317	zz	2,483	xx	1,035	zz
		(4) Transporte descarregado	5,1%	2,0	zz	xx	zz	0,754	0,516	0,426	0,377	0,258	0,213	3,051	zz	4,074	xx	1,531	zz
		Espera	7,4%	0,6	zz	xx	zz	0,175	0,176	0,090	0,048	0,048	0,025	0,432	zz	0,668	xx	0,457	zz
	Por posto de trabalho - Dumper		-	8,0	-	-	-	0,594	0,235	0,219	0,596	0,365	0,356	3,090	zz	4,074	xx	1,738	zz

É aqui evidenciado que a via de transmissão feita pelas costas expõem o trabalhador a amplitudes de vibrações significativas, na maioria dos casos, superiores ao assento e pés. Contudo, há que ter em atenção alguns aspetos peculiares sobre esta via de transmissão. Em primeiro lugar, não foi comprovada a interferência da vibração transmitida pelas costas, na posição sentada, na saúde dos trabalhadores (ISO 1997). A vibração transmitida pelas costas é tida em conta apenas na análise do conforto do posto de trabalho, isto é, na sensação de conforto do trabalhador acerca daquele posto de trabalho.

Nesta linha de pensamento, também a legislação não prevê limites legais para a vibração transmitida a um corpo sentado pelas costas. Os requisitos legais a cumprir só consideram a via de transmissão pelo assento (Decreto-Lei n.º 46/2006, de 24 de fevereiro).

De facto, não é possível garantir que toda a energia recebida com entrada pelas costas do assento entre de facto no corpo humano. O trabalhador não tem sempre as costas apoiadas ao encosto do assento (ao contrário da superfície do assento onde se senta). Além disso, movimentos involuntários podem induzir impactos no acelerómetro.

Outro facto é que a vibração com transmissão pelas costas é sobretudo sentida no eixo longitudinal *xx*, o que propicia a movimentação no sentido ântero-posterior (efeito de “chicote” para a frente). Isto não se traduz numa compressão dos discos intervertebrais, como no caso do assento (com direção predominantemente vertical), o que faz com que diminua significativamente a gravidade da situação.

Quando a vibração tem via de transmissão pelos pés e o corpo está sentado, a situação é semelhante. Não há comprovação dos efeitos adversos na saúde pela transmissão de vibrações pelos pés, não havendo também um limite legal da exposição a este tipo de vibrações. Não é garantido que a energia recebida pela base da cabine entre no corpo do trabalhador. Acrescente ainda que o peso do corpo sentado não está apoiado nas pernas e pés do trabalhador, mas sim na superfície do assento. O efeito da vibração é portanto, tendencialmente, menor.

Mesmo perante estas evidências, não é conveniente limitar a medição da vibração à via de transmissão pela superfície do assento. O desenvolvimento de estudos e a constante caracterização das vias de transmissão da vibração pelas costas e pelos pés podem abrir portas a novos desenvolvimentos sobre o seu efeito na saúde humana.

O mesmo se aplica relativamente ao valor do pico máximo. Este parâmetro não está legislado para o risco físico das VCI. No entanto, uma abordagem holística deve inseri-lo, uma vez que pode interferir com a saúde do trabalhador, ou afetar o conforto do posto de trabalho. O valor da exposição diária a vibrações, devido à sua variável temporal, dilui os picos sentidos, podendo passar despercebido o seu real efeito. O estudo deste parâmetro pode levar a desenvolvimentos que permitam, por exemplo, a revisão da legislação, levando-a a incluir limites para este parâmetro.

4.5 Medidas de minimização

As medidas de minimização devem ser priorizadas face à exposição a VCI em cada posto de trabalho, tomando em consideração as tarefas mais críticas.

Pela Tabela 22 verifica-se que apenas o *dumper* excede o valor de ação de exposição, o que sugere que só neste posto de trabalho seja necessário a tomada de medidas preventivas adequadas. Sendo as tarefas de transporte aquelas que mais expõem o trabalhador ao risco das VCI, sugere-se uma adequada e regular manutenção das vias de comunicação dentro da pedreira. Tal passaria pela regularização do terreno - enchimento dos buracos com agregados britados (matéria-prima da empresa), alisamento do pavimento (com recursos às máquinas da empresa). Uma atenção redobrada em dias chuvosos seria recomendável, uma vez que causam mais dano no pavimento. De notar que parte disto é já feito pela empresa em estudo, no entanto não com a regularidade e exigência necessária.

Nunca será demais o incentivo à formação dos trabalhadores no âmbito da higiene e segurança no trabalho, salientando hábitos de trabalho que minimizem a sua exposição a VCI.

5 CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

5.1 Conclusões

A literatura relativa à caracterização de padrões de VCI na indústria mineira a céu aberto é escassa. Mais ainda no que se refere a ciclos de trabalho, nomeadamente a perfuração, carga e transporte em pedreiras. Dentro destas, é o transporte, levado a cabo pelos *dumpers*, o mais estudado. Além disso, as vias de transmissão da VCI pelos pés e costas são habitualmente desprezadas. A grande inovação deste trabalho é a caracterização face à exposição a VCI destes postos de trabalho, das suas tarefas dentro dos seus ciclos de trabalho, analisando três vias distintas de transmissão: assento, costas e pés.

No *rock* de perfuração foi visível um padrão de VCI em função do tempo. Duas tarefas são claramente distinguíveis: perfuração e movimentação/posicionamento do veículo. A perfuração é dominante, ocupando a maioria do tempo gasto durante o ciclo de trabalho. Esta fase é marcada por valores residuais de vibração. A movimentação/posicionamento do veículo é uma fase curta, isolada no ciclo de trabalho, mas com um pico de vibração sentido sobretudo no eixo longitudinal *xx*. A exposição diária a VCI neste posto de trabalho é de $0,088 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, estando muito abaixo do valor de ação legislado ($0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). O trabalhador está, neste posto de trabalho, salvaguardado do risco físico das VCI.

A pá carregadora giratória comporta dentro do seu ciclo de trabalho duas tarefas distintas: carga de camiões/*dumpers* e arrumação do material desmontado. No entanto estas tarefas não foram claramente distinguíveis no seu ciclo de trabalho, não tendo sido detetado um padrão de VCI em função do tempo. Aliás, as tarefas são semelhantes tanto em tempo como na exposição do trabalhador a VCI. O trabalho da pá está dependente de muitos fatores externos (características e arrumo do material já desmontado, experiência do trabalhador p. ex.), influenciando o trabalho desempenhado. A exposição diária a VCI é de $0,412 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, estando abaixo do valor de ação legislado ($0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$).

O ciclo de trabalho do *dumper* inclui tarefas claramente distintas, assumindo um padrão de VCI em função do tempo. Tarefas como carga, transporte carregado, descarga e transporte descarregado fazem parte do ciclo de trabalho. A tarefa mais longa foi a carga, enquanto a mais curta a descarga. As tarefas que mais expõem o trabalhador a VCI são as de transporte (carregado e descarregado). A exposição diária do posto de trabalho é de $0,596 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, estando acima do valor de ação legislado ($0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). Tal impõe a tomada de medidas que visem mitigar a VCI transmitida ao trabalhador. Assim, propõem-se a manutenção dos caminhos da pedreira de uma forma mais regular e eficaz.

Diferenças significativas foram encontradas perante as três vias de transmissão da VCI. A transmissão feita pelas costas é frequentemente aquela que conduz a uma maior exposição, com o eixo predominante o longitudinal *xx*. A via de transmissão dos pés é aquela que menos expõe o trabalhador e tem como eixo predominante o vertical *zz*. Estas vias de transmissão, embora não tenham efeito comprovado na saúde do trabalhador, nem limites legais associados, interferem com a sua sensação de conforto do posto de trabalho.

5.2 Perspetivas Futuras

Ainda com os dados recolhidos para o presente estudo, é possível e será objeto de trabalho futuro:

- estudar transmissibilidade da vibração pela superfície do assento, isto é verificar o efeito atenuador do assento em relação a VCI;
- analisar em frequência, verificando gamas de frequências dominantes;
- comparar a avaliação da vibração feita pelo método básico com outros métodos de avaliação alternativos como o valor eficaz em contínuo ou o valor de quarta potencia da dose de vibração; comparar ainda com a avaliação feita por combinação de frequências em mais que uma direção (segunda a norma ISO 2631-1:1997);
- calcular as incertezas associadas às medições realizadas.

A continuação do trabalho poderia passar pela consolidação dos resultados obtidos, pelo estudo de mais equipamentos (em número e em tipologia), abrangendo mais trabalhadores e em locais diferentes (diferentes pedreiras).

Poder-se-á ainda analisar os efeitos sinérgicos da VCI com outros riscos presentes num ambiente mineiro (como ruído e poeiras).

A implementação das medidas de minimização sugeridas e a sua posterior avaliação, testando a sua eficácia, também poderá ser uma perspetiva de futuros trabalhos a desenvolver.

6 BIBLIOGRAFIA

Arezes, P., C. Braga, et al. (2011). Exposição ocupacional a ruído e vibrações na construção civil, Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT) and Universidade do Minho.

Aye, S. and P. S. Heyns (2011). "The evaluation of whole-body vibration in a South African opencast mine." Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy **111**(11): 751-758.

Bovenzi, M., F. Rui, et al. (2006). "An epidemiological study of low back pain in professional drivers." Journal of sound and vibration **298**(3): 514-539.

Bruel&Kjaer (1989). Human Vibration. Glostrup (Dinamarca), K. Larsen & Son A/S.

Costa, N. (2012). A influência da exposição ocupacional a vibrações de corpo inteiro em veículos no desempenho cognitivo e visual dos trabalhadores. Departamento de Produção e Sistemas, Universidade do Minho.

Dentoni, V. and G. Massacci (2013). "Occupational exposure to whole-body vibration: unfavourable effects due to the use of old earth-moving machinery in mine reclamation." International Journal of Mining, Reclamation and Environment **27**(2): 127-142.

Donoghue, A. (2004). "Occupational health hazards in mining: an overview." Occupational Medicine **54**(5): 283-289.

Dupuis, H. (1994). "Medical and occupational preconditions for vibration-induced spinal disorders: occupational disease no. 2110 in Germany." International archives of occupational and environmental health **66**(5): 303-308.

Eger, T., J. Stevenson, et al. (2008). "Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 1—Analysis of whole-body vibration exposure using ISO 2631-1 and ISO-2631-5 standards." International journal of industrial ergonomics **38**(9): 726-738.

Eger, T., J. Stevenson, et al. (2008). "Predictions of health risks associated with the operation of load-haul-dump mining vehicles: Part 2—Evaluation of operator driving postures and associated postural loading." International journal of industrial ergonomics **38**(9): 801-815.

Eger, T., J. M. Stevenson, et al. (2011). "Influence of vehicle size, haulage capacity and ride control on vibration exposure and predicted health risks for LHD vehicle operators." Journal of Low Frequency Noise, Vibration & Active Control **30**(1): 45-62.

Frimpong, S., G. Galecki, et al. (2011). "Dump truck operator vibration control in high-impact shovel loading operations." International Journal of Mining, Reclamation and Environment **25**(3): 213-225.

Gallagher, S. and A. Mayton (2007). "Back injury control measures for manual lifting and seat design." Mining Engineering **59**(12): 41-49.

Gallais, L. and M. J. Griffin (2006). "Low back pain in car drivers: A review of studies published 1975 to 2005." Journal of sound and vibration **298**(3): 499-513.

GEP (2012). Estatísticas em síntese – Acidentes de Trabalho 2010, Gabinete de Estratégia e Planeamento (Portugal): Disponível em: <http://www.gep.msss.gov.pt/estatistica/acidentes/>.

Hill, C., W. J. Langis, et al. (2001). "Assessment of hand-arm vibration syndrome in a northern Ontario base metal mine." Chronic Dis Can **22**(3-4): 88-92.

Howard, B., R. Sesek, et al. (2009). "Typical whole body vibration exposure magnitudes encountered in the open pit mining industry." Work **34**(3): 297-303.

IGM (1999). Regras da boa prática no desmonte a céu aberto, Instituto Geológico e Mineiro - Divisão de Minas e Pedreiras.

INE (2007). Classificação Portuguesa das Actividades Económicas Rev.3, Instituto Nacional de Estatística, I.P.

ISO (1997). ISO 2631-1:1997 (Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration - Part 1: General requirements), International Organization for Standardization.

Kittusamy, N. K. and B. Buchholz (2004). "Whole-body vibration and postural stress among operators of construction equipment: A literature review." Journal of Safety Research **35**(3): 255-261.

Kumar, S. (2004). "Vibration in operating heavy haul trucks in overburden mining." Applied Ergonomics **35**(6): 509-520.

Kunimatsu, S. and K. Pathak (2012). "Vibration-Related Disorders Induced by Mining Operations and Standardization of Assessment Process." MAPAN **27**(4): 241-249.

Leduc, M., T. Eger, et al. (2011). "Examination of vibration characteristics, and reported musculoskeletal discomfort for workers exposed to vibration via the feet." Journal of Low Frequency Noise, Vibration & Active Control **30**(3): 197-206.

Lings, S. and C. Leboeuf-Yde (2000). "Whole-body vibration and low back pain: A systematic, critical review of the epidemiological literature 1992–1999." International archives of occupational and environmental health **73**(5): 290-297.

Magnusson, M., M. Pope, et al. (1998). "Development of a Protocol for Epidemiological Studies of Whole-Body Vibration and Musculoskeletal Disorders of the Lower Back." Journal of sound and vibration **215**(4): 643-651.

Mandal, B. and A. Srivastava (2010). "Musculoskeletal disorders in *dumper* operators exposed to whole body vibration at Indian mines." International Journal of Mining, Reclamation and Environment **24**(3): 233-243.

Mansfield, N. J. (2004). Human response to vibration, CRC Press.

Matos, M. L. and F. Ramos (2010). Indústria extrativa: análise de riscos ocupacionais e doenças profissionais. SHO - Colóquio Internacional sobre Segurança e Higiene Ocupacionais, 10 e 11 de Fevereiro de 2010, Guimarães.

Mayton, A. G., F. Amirouche, et al. (2005). "Comparison of seat designs for underground mine haulage vehicles using the absorbed power and ISO 2631-1 (1985)-based ACGIH threshold limit methods." International Journal of Heavy Vehicle Systems **12**(3): 225-238.

McPhee, B. (2004). "Ergonomics in mining." Occupational Medicine **54**(5): 297-303.

Salmoni, A., A. Cann, et al. (2010). "Exposure to whole-body vibration and seat transmissibility in a large sample of earth scrapers." Work: A Journal of Prevention, Assessment and Rehabilitation **35**(1): 63-75.

Seidel, H. and R. Heide (1986). "Long-term effects of whole-body vibration: a critical survey of the literature." International archives of occupational and environmental health **58**(1): 1-26.

Smets, M. P. H., T. R. Eger, et al. (2010). "Whole-body vibration experienced by haulage truck operators in surface mining operations: A comparison of various analysis methods utilized in the prediction of health risks." Applied Ergonomics **41**(6): 763-770.

Teschke, K., A.-M. Nicol, et al. (1999). "Whole Body Vibration and Back Disorders Among Motor Vehicle Drivers and Heavy Equipment Operators A Review of the Scientific Evidence." Occupational Hygiene **6**: 1Z3.

Torma-Krajewski, J., W. Wiehagen, et al. (2009). "Ergonomics: Using Ergonomics to Enhance Safe Production at a Surface Coal Mine—A Case Study with Powder Crews." Journal of occupational and environmental hygiene **6**(10): D55-D62.

Van Niekerk, J., P. Heyns, et al. (2000). "Human vibration levels in the South African mining industry." JOURNAL-SOUTH AFRICAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY **100**(4): 235-242.

Vanerkar, A. P., N. P. Kulkarni, et al. (2008). "Whole body vibration exposure in heavy earth moving machinery operators of metalliferous mines." Environmental Monitoring and Assessment **143**(1-3): 239-245.

Wikström, B.-O., A. Kjellberg, et al. (1994). "Health effects of long-term occupational exposure to whole-body vibration: a review." International journal of industrial ergonomics **14**(4): 273-292.

ANEXOS

ANEXO A – Folha de campo – Inquérito ao trabalhador do *rock* de perfuração – Caracterização do trabalhador e do posto de trabalho

Data da visita: 18/04/2013

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Nome empresa: -	CAE: 08121
Morada: -	
Responsável: -	Contacto: -


IDENTIFICAÇÃO DO(S) TRABALHADOR(ES) EXPOSTO(S) ÀS VIBRAÇÕES

Identificação	A.Rock
Idade [anos]	43
Peso [kg]	66
Altura [cm]	172
Escolaridade	1.º ciclo do ensino básico (4.ª classe)
Categoria profissional	Manobrador
Tempo ao serviço da empresa [anos]	6
Tempo no posto de trabalho atual [anos]	6
Queixas de ordem física	Não
Tempo de exposição a vibrações [anos]	15
Formação em HST?	Sim
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) utilizados pelo trabalhador	Nenhum

ROTINA DE TRABALHO DIÁRIO PARA A TAREFA EM ANÁLISE

Local de trabalho	Rock de perfuração
Atividade(s) do posto de trabalho em estudo	Operação do <i>rock</i> de perfuração
Horário diário de trabalho [h]	8
Período de descanso [h]	1 hora para almoço [das 12h às 13h]
Posição ocupada pelo trabalhador	Sentado
Condições em que é feita a atividade de trabalho: (P. ex. utilização do ar condicionado; cabine aberta/fechada)	Habitáculo com assento regulável, ar condicionado. Cabine geralmente fechada, rádio ligado.
Frequência de exposição a vibrações: (D – Diária; S – Semanal; M – Mensal)	Diária
Velocidade de circulação	Variável. Em movimentação não excede os 5 km/h. Normalmente está parado.
Tipo de pavimento	Piso irregular em terra batida.

CARACTERIZAÇÃO DO VEÍCULO

Designação/Tipo	Rock de perfuração
Marca/Fabricante	Atlas Copco
Modelo	Roc D7
N.º de série	
Ano de fabrico	2007
Ano de entrada ao serviço da empresa	2007
Estado do equipamento à data	Bom
Foto	

ANEXO B – Folha de campo – Inquérito ao trabalhador da pá carregadora giratória –
Caracterização do trabalhador e do posto de trabalho

Data da visita: 07/05/2013

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Nome empresa: -	CAE: 08121
Morada: -	
Responsável: -	Contacto: -


IDENTIFICAÇÃO DO(S) TRABALHADOR(ES) EXPOSTO(S) ÀS VIBRAÇÕES

Identificação	B.Giratória
Idade [anos]	52
Peso [kg]	88
Altura [cm]	185
Escolaridade	1.º ciclo do ensino básico (4.ª classe)
Categoria profissional	Manobrador
Tempo ao serviço da empresa [anos]	12
Tempo no posto de trabalho atual [anos]	12
Queixas de ordem física	Não
Tempo de exposição a vibrações [anos]	33
Formação em HST?	Sim
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) utilizados pelo trabalhador	Nenhum

ROTINA DE TRABALHO DIÁRIO PARA A TAREFA EM ANÁLISE

Local de trabalho	Pá carregadora giratória
Atividade(s) do posto de trabalho em estudo	Operação da pá carregadora giratória (carga de camiões e <i>dumpers</i>)
Horário diário de trabalho [h]	8
Período de descanso [h]	1 hora para almoço [das 12h às 13h]
Posição ocupada pelo trabalhador	Sentado
Condições em que é feita a atividade de trabalho: (P. ex. utilização do ar condicionado; cabine aberta/fechada)	Habitáculo com assento regulável, ar condicionado. Cabine geralmente fechada, rádio ligado.
Frequência de exposição a vibrações: (D – Diária; S – Semanal; M – Mensal)	Diária
Velocidade de circulação	Variável. Em movimentação não excede os 5 km/h. Normalmente está parado.
Tipo de pavimento	Piso irregular em terra batida ou em material desmontado.

CARACTERIZAÇÃO DO VEÍCULO

Designação/Tipo	Pá carregadora giratória
Marca/Fabricante	CATERPILLAR
Modelo	374 D
N.º de série	
Ano de fabrico	2011
Ano de entrada ao serviço da empresa	2011
Estado do equipamento à data	Bom
Foto	

ANEXO C – Folha de campo – Inquérito ao trabalhador do *dumper* – Caracterização do trabalhador e do posto de trabalho

Data da visita: 18/04/2013

CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Nome empresa: -	CAE: 08121
Morada: -	
Responsável: -	Contacto: -


IDENTIFICAÇÃO DO(S) TRABALHADOR(ES) EXPOSTO(S) ÀS VIBRAÇÕES

Identificação	<i>C.Dumper</i>
Idade [anos]	40
Peso [kg]	68
Altura [cm]	174
Escolaridade	2.º ciclo do ensino básico (6.º ano)
Categoria profissional	Condutor/Manobrador
Tempo ao serviço da empresa [anos]	21
Tempo no posto de trabalho atual [anos]	21
Queixas de ordem física	Sim, por vezes no pescoço.
Tempo de exposição a vibrações [anos]	21
Formação em HST?	Sim
Equipamentos de Proteção Individual (EPI) utilizados pelo trabalhador	Nenhum

ROTINA DE TRABALHO DIÁRIO PARA A TAREFA EM ANÁLISE

Local de trabalho	<i>Dumper</i>
Atividade(s) do posto de trabalho em estudo	Condução do <i>dumper</i> (ciclos de carga e descarga)
Horário diário de trabalho [h]	8
Período de descanso [h]	1 hora para almoço [das 12h às 13h]
Posição ocupada pelo trabalhador	Sentado
Condições em que é feita a atividade de trabalho: (P. ex. utilização do ar condicionado; cabine aberta/fechada)	Habitáculo com assento regulável, ar condicionado. Cabine geralmente fechada, rádio ligado.
Frequência de exposição a vibrações: (D – Diária; S – Semanal; M – Mensal)	Diária
Velocidade de circulação	Variável, não excedendo os 5 km/h.
Tipo de pavimento	Piso irregular em terra batida.

CARACTERIZAÇÃO DO VEÍCULO

Designação/Tipo	<i>Dumper</i>
Marca/Fabricante	Terex
Modelo	TR 45
N.º de série	
Ano de fabrico	2005
Ano de entrada ao serviço da empresa	2005
Estado do equipamento à data	Bom
Foto	

ANEXO D – Folha de campo – Recolha de dados no *rock* de perfuração

POSTO DE TRABALHO AVALIADO	
Trabalhador	A.Rock
Veículo	Rock de perfuração

Data da medição: 18/04/2013 - Manhã


CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445

Registo #1						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	18/04/2013	08:53:52	64,9	14,9	1,07	Céu limpo
2	18/04/2013	08:53:54	65,3	14,9	1,19	
3	18/04/2013	08:53:56	65,6	14,8	1,38	
4	18/04/2013	08:53:58	65,7	14,9	1,43	
5	18/04/2013	08:54:00	65,8	14,8	1,54	
6	18/04/2013	08:54:02	65,8	14,9	1,46	
7	18/04/2013	08:54:04	65,6	14,9	1,28	
8	18/04/2013	08:54:06	65,3	14,8	1,41	
9	18/04/2013	08:54:08	65,4	14,8	1,47	
10	18/04/2013	08:54:10	65,0	14,6	1,56	
11	18/04/2013	08:54:12	64,3	14,6	1,6	
12	18/04/2013	08:54:14	64,0	14,6	1,67	
Registo #2						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	18/04/2013	10:24:41	48,5	26,6	0,01	Céu limpo
2	18/04/2013	10:24:43	42,8	25,8	0,33	
3	18/04/2013	10:24:45	40,3	23,5	0,66	
4	18/04/2013	10:24:47	39,2	21,4	1,51	
5	18/04/2013	10:24:49	40,5	21,0	1,76	
6	18/04/2013	10:24:51	42,7	21,1	1,66	
7	18/04/2013	10:24:53	44,5	20,6	2,02	
8	18/04/2013	10:24:55	45,8	20,3	2,08	
9	18/04/2013	10:24:57	48,1	19,8	2,32	
10	18/04/2013	10:24:59	49,5	20,0	1,99	
11	18/04/2013	10:25:01	49,4	20,2	1,7	
12	18/04/2013	10:25:03	49,7	20,6	1,35	
13	18/04/2013	10:25:05	49,3	20,9	1,13	
14	18/04/2013	10:25:07	49,5	21,1	1,13	
15	18/04/2013	10:25:09	49,7	20,5	1,41	
16	18/04/2013	10:25:11	49,7	20,4	1,46	
17	18/04/2013	10:25:13	50,2	19,9	1,64	
18	18/04/2013	10:25:15	50,8	19,8	1,75	
Registo #3						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	18/04/2013	12:49:09	47,0	20,7	1,02	Céu limpo
2	18/04/2013	12:49:11	47,3	20,6	0,86	
3	18/04/2013	12:49:13	47,4	20,5	0,89	
4	18/04/2013	12:49:15	47,6	20,0	1,47	
5	18/04/2013	12:49:17	47,6	19,8	1,63	
6	18/04/2013	12:49:19	47,7	19,5	1,81	
7	18/04/2013	12:49:21	-	19,7	1,83	
8	18/04/2013	12:49:23	-	19,7	1,91	
9	18/04/2013	12:49:25	-	19,2	2,14	
10	18/04/2013	12:49:27	48,7	18,9	2,38	
11	18/04/2013	12:49:29	49,1	18,3	2,43	

12	18/04/2013	12:49:31	49,5	18,1	2,74	
13	18/04/2013	12:49:33	50,0	18,4	2,33	

* **Monitorização da vibração**

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Assento	
Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Tarefas:						
Furar	9:25	9:39	9:51	10:04	10:16	10:30
Movimentação/ posicionamento do rock	9:37	9:50	10:02	10:15	10:28	10:41
Fim de ciclo	9:39	9:51	10:04	10:16	10:30	10:42

Registo #1 (cont.)						
	#7	#8				
Tarefas:						
Furar	10:42	10:56				
Movimentação/ posicionamento do rock	10:55	11:09				
Fim de ciclo	10:56					

Observações:

Data da medição: 19/04/2013

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS

Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445

Registro #1

#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	19/04/2013	08:35:55	50,5	14,7	1,70	Céu limpo
2	19/04/2013	08:35:57	50,9	14,4	2,58	
3	19/04/2013	08:35:59	51,1	14,3	2,09	
4	19/04/2013	08:36:01	51,4	14,4	2,20	
5	19/04/2013	08:36:03	51,7	14,6	1,74	
6	19/04/2013	08:36:05	51,7	15,0	1,30	
7	19/04/2013	08:36:07	51,5	15,1	1,11	
8	19/04/2013	08:36:09	51,2	14,9	1,27	
9	19/04/2013	08:36:11	51,3	14,4	1,89	
10	19/04/2013	08:36:13	51,6	13,9	1,80	
11	19/04/2013	08:36:15	51,9	14,4	1,47	
12	19/04/2013	08:36:17	52,0	13,9	1,99	
13	19/04/2013	08:36:19	51,9	13,4	2,56	
14	19/04/2013	08:36:21	52,0	13,3	3,01	
15	19/04/2013	08:36:23	52,3	13,3	2,81	
16	19/04/2013	08:36:25	52,6	13,2	3,03	
17	19/04/2013	08:36:27	52,9	13,0	3,47	

* Monitorização da vibração

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO

Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Assento

Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Tarefas:						
Furar	09:34	9:46	9:57	10:09	10:20	10:34
Movimentação/ posicionamento do rock	09:45	9:56	10:07	10:19	10:33	10:45
Fim de ciclo	9:46	9:57	10:09	10:20	10:34	10:46

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1 (cont.)						
	#7	#8	#9	#10	#11	#12
Tarefas:						
Furar	10:46	10:59	11:11	11:23	11:35	
Movimentação/ posicionamento do rock	10:58	11:10	11:22	11:34	11:47	
Fim de ciclo	10:59	11:11	11:23	11:35		

Observações:

No período de amostragem, os trabalhos do *rock* de perfuração desenvolveram-se numa zona próxima dos trabalhos do *dumper* e da pá carregadora giratória.

Data da medição: 21/06/2013 – Manhã e tarde

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445

Registo #1						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	21/06/2013	10:28:09	62,3	18,8	1,39	Céu limpo
2	21/06/2013	10:28:11	62,6	18,7	1,8	
3	21/06/2013	10:28:13	63,0	18,5	2,12	
4	21/06/2013	10:28:15	63,4	18,6	1,87	
5	21/06/2013	10:28:17	63,7	18,8	1,45	
6	21/06/2013	10:28:19	63,3	18,4	1,86	
7	21/06/2013	10:28:21	63,8	18,3	2,77	
8	21/06/2013	10:28:23	64,3	17,8	3,46	
9	21/06/2013	10:28:25	64,8	17,7	3,76	
10	21/06/2013	10:28:27	65,2	17,6	3,57	
Registo #2						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	21/06/2013	12:07:22	75,8	17,4	3,15	Céu limpo
2	21/06/2013	12:07:24	76,0	17,5	2,49	
3	21/06/2013	12:07:26	76,3	17,6	2,39	
4	21/06/2013	12:07:28	76,5	17,7	1,93	
5	21/06/2013	12:07:30	76,7	17,9	1,39	
6	21/06/2013	12:07:32	76,4	17,8	1,38	
7	21/06/2013	12:07:34	76,5	17,7	1,62	
8	21/06/2013	12:07:36	76,7	17,7	1,58	
9	21/06/2013	12:07:38	77,0	17,7	1,87	
10	21/06/2013	12:07:40	77,2	17,7	2,18	
Registo #3						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	21/06/2013	12:08:01	80,1	17,9	1,83	Céu limpo
2	21/06/2013	12:08:03	79,1	17,8	1,67	
3	21/06/2013	12:08:05	78,8	17,6	1,99	
4	21/06/2013	12:08:07	78,8	17,6	2,30	
5	21/06/2013	12:08:09	79,0	17,5	2,51	

6	21/06/2013	12:08:11	79,0	17,4	2,72	
7	21/06/2013	12:08:13	79,3	17,3	3,01	
8	21/06/2013	12:08:15	79,5	17,3	2,92	
9	21/06/2013	12:08:17	79,9	17,2	3,22	
10	21/06/2013	12:08:19	80,4	17,2	3,21	
Registo #4						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	21/06/2013	14:10:19	57,9	21,2	1,32	Céu limpo
2	21/06/2013	14:10:21	59,2	21,0	1,91	
3	21/06/2013	14:10:23	59,7	20,6	2,17	
4	21/06/2013	14:10:25	60,5	20,7	2,09	
5	21/06/2013	14:10:27	61,0	20,5	2,53	
6	21/06/2013	14:10:29	61,5	20,5	2,65	
7	21/06/2013	14:10:31	61,7	20,5	2,36	
8	21/06/2013	14:10:33	61,6	20,4	2,78	
9	21/06/2013	14:10:35	61,7	20,3	2,81	
10	21/06/2013	14:10:37	61,8	20,0	3,21	
Registo #5						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	21/06/2013	14:10:47	63,7	19,4	4,65	Céu limpo
2	21/06/2013	14:10:49	64,3	19,7	2,84	
3	21/06/2013	14:10:51	64,4	20,1	1,97	
4	21/06/2013	14:10:53	64,4	19,9	2,18	
5	21/06/2013	14:10:55	64,5	19,7	2,77	
6	21/06/2013	14:10:57	64,6	19,7	2,37	
7	21/06/2013	14:10:59	64,7	20,0	2,15	
8	21/06/2013	14:11:01	64,8	20,0	1,85	
9	21/06/2013	14:11:03	64,7	20,1	1,97	
10	21/06/2013	14:11:05	64,6	20,4	1,83	
Registo #6						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	21/06/2013	16:15:59	50,0	24,9	2,16	Céu limpo
2	21/06/2013	16:16:01	49,2	24,7	2,03	
3	21/06/2013	16:16:03	49,2	25,5	1,54	
4	21/06/2013	16:16:05	48,5	26,0	1,67	
5	21/06/2013	16:16:07	47,8	26,4	1,56	
6	21/06/2013	16:16:09	47,4	26,8	1,36	
7	21/06/2013	16:16:11	46,7	27,2	1,09	
8	21/06/2013	16:16:13	46,0	27,2	1,16	
9	21/06/2013	16:16:15	45,6	27,5	1,09	
10	21/06/2013	16:16:17	45,5	27,4	1,24	
Registo #7						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	21/06/2013	16:16:24	46,5	25,9	1,61	Céu limpo
2	21/06/2013	16:16:26	48,1	25,8	1,57	
3	21/06/2013	16:16:28	49,0	26,2	1,50	
4	21/06/2013	16:16:30	49,6	25,8	1,87	
5	21/06/2013	16:16:32	50,7	24,9	2,43	
6	21/06/2013	16:16:34	51,1	23,9	2,40	
7	21/06/2013	16:16:36	51,5	24,5	2,03	
8	21/06/2013	16:16:38	51,1	24,8	1,99	
9	21/06/2013	16:16:40	-	25,0	2,14	
10	21/06/2013	16:16:42	50,6	25,1	2,00	

* **Monitorização da vibração**

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK

Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Costas	
Localização do sensor	Solidário com as costas do assento onde está sentado o operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4		
Tarefas:						
Furar	10:36	10:47	10:58	11:10		
Movimentação/ posicionamento do rock	10:46	10:57	11:09	---		
Fim de ciclo	10:47	10:58	11:10			

Observações:

9:57 O equipamento foi ligado;
10:03 Início de andamento até outro local de furação. Neste novo sítio houve necessidade de trocar a cabeça da broca, por ser uma rocha mais dura. Momento de pausa enquanto o operador faz a troca fora do veículo.

10:31 Desligou o motor do rock; 10:35 Ligou o motor.

10:37 Levantou e desceu novamente a vara.


10:59 Pausa.

11:12 O operador teve que sair do rock para encaixar a vara.

11:18 Pausa, saiu da cabine.

11:25 Pausa para mudança do local do sensor.

No momento em que o operador se senta, há um balanço – suspensão do banco.

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Assento	
Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	 <p>The top photograph shows a grey operator's seat with a yellow sensor attached to the seat cushion. The bottom photograph is a close-up of the sensor's label, which is blue and white. The label includes the text 'SVANTEK SY 38V Seat Accelerometer', 'Serial No. 22713', 'Made in Poland', and 'CE'. It also features a diagram of a coordinate system with axes 1, 2, and 3. At the bottom of the label, there is a small white sticker with technical specifications: 'Dados: Marca: SV, Modelo: SY, X 800s: 50, Y 800s: 50, Z 800s: 40, N° S/N: 205, D: Serv: 2, ISO 9001'.</p>

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #2						
	#5	#6	#7	#8		
Tarefas:						
Furar	11:32	13:55	14:09	14:24		
Introdução da 4. ^a vara	11:43	14:06	14:22	14:36		
Movimentação/ posicionamento do <i>rock</i>	11:45	14:08	14:23	14:39		
Fim de ciclo	11:46	14:09	14:24	---		

Observações:

11:46 Fim do turno de trabalho da manhã.
14:38 Pausa.

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Pés	
Localização do sensor	Solidário com o chão do veículo e no local de colocação dos pés do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #3						
	#9	#10	#11	#12		
Tarefas:						
1.º furo	14:47	15:02	15:17			
Movimentação/ posicionamento do <i>rock</i>	15:01	15:16				
Fim de ciclo	15:02	15:17				

Observações:
No 2.º furo do ciclo #11 a broca encravou, não sendo possível continuar a furação. O operador ficou bastante tempo a tentar tirar a vara e terminou-se a medição.

ANEXO E – Folha de campo - Recolha de dados na pá carregadora giratória

POSTO DE TRABALHO AVALIADO	
Trabalhador	B.Giratória
Veículo	Pá Carregadora Giratória

Data da medição: 07/05/2013 – Manhã e Tarde

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445


Registo #1						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	07/05/2013	10:16:27	52,2	19,5	0,55	Céu nublado
2	07/05/2013	10:16:29	52,5	19,0	1,20	
3	07/05/2013	10:16:31	52,4	19,0	1,45	
4	07/05/2013	10:16:33	52,2	19,2	1,03	
5	07/05/2013	10:16:35	52,1	19,2	1,44	
6	07/05/2013	10:16:37	52,0	19,1	1,50	
7	07/05/2013	10:16:39	52,1	19,0	1,47	
8	07/05/2013	10:16:41	52,4	18,9	1,70	
9	07/05/2013	10:16:43	52,9	18,8	2,17	
10	07/05/2013	10:16:45	53,3	18,7	2,47	
11	07/05/2013	10:16:47	53,3	18,8	2,56	
12	07/05/2013	10:16:49	53,5	18,9	2,11	
13	07/05/2013	10:16:51	53,7	18,9	2,06	
14	07/05/2013	10:16:53	54,1	18,8	2,52	
15	07/05/2013	10:16:55	54,3	18,8	2,57	
Registo #2						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	07/05/2013	16h30	50,6	20,6	1,69	Céu nublado com aguaceiros ligeiros

Observações:

Registo da tarde (#2) só com valores médios, retirados manualmente, devido à memória do equipamento estar cheia.

* Monitorização da vibração

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO	
Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Tarefas:						
Carga	10:02	10:08	10:15	10:22	10:30	10:37
Arrumar material desmontado	10:06	10:13	10:17	10:24	10:32	10:42
Espera	-	10:14	-	-	-	-
Fim de ciclo	10:08	10:15	10:22	10:30	10:37	10:46
Carga de	Camião	Camião	Dumper	Dumper	Dumper	Dumper
Número de baldes carregados	6	7	7	5	5	8

Registo #1 (cont.)						
	#7	#8	#9	#10	#11	
Tarefas:						
Carga	10:46	10:51	11:24	11:33	11:44	
Arrumar material desmontado	10:49	10:54	11:27	11:37	11:50	
Espera	-	-	-	11:42	11:53	
Fim de ciclo	10:51	11:24	11:33	11:44	11:54	
Carga de	Camião	Dumper	Dumper	Dumper	Dumper	
Número de baldes carregados	?	9	7	8	6	

Observações:
#4, #5 e #9 Carga do <i>dumper</i> com terra;
#7 O camião que chegou já vinha carregado, a pá giratória só ajeitou a carga;
#8 Apenas a pá giratória a trabalhar até às 11h24; organizar o material desmontado;
11:03 – 11:06; 11:26 – 11:27; 11:32 – 11:33; 11:46 – 11:47; 11:42 – 11:44; 11:45 – 11:47; 11:53
Momentos de espera

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #2						
	#12	#13	#14	#15	#16	#17
Tarefas:						
Carga	14:02	14:11	14:22	14:30		
Arrumar material desmontado	14:07	14:16	14:25	14:33		
Espera	-	-	14:27	14:35		
Fim de ciclo	14:11	14:22	14:30	14:44		
Carga de	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>
Número de baldes carregados	9	12	8	?	7	7

Registo #2 (cont.)						
	#18	#19	#20	#21	#22	#23
Tarefas:						
Carga						
Arrumar material desmontado						
Espera						
Fim de ciclo						
Carga de	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>	<i>Dumper</i>
Número de baldes carregados	8	8	5	6	7	5

Observações:

14:44 A pá giratória faz um longo percurso para mudar de local; pelo caminho ainda aproveita para fazer o arrumar material desmontado de grandes blocos numa frente de arrumar material desmontado. Após esse período, por problemas técnicos, não foi possível cronometrar as tarefas, havendo apenas o registo da vibração.

Data da medição: 30/05/2013 – Manhã e Tarde

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445


Registo #1						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	30/05/2013	09:37:40	66,8	12,5	3,52	Céu limpo
2	30/05/2013	09:37:42	68,0	13,2	1,94	
3	30/05/2013	09:37:44	68,2	13,3	1,63	
4	30/05/2013	09:37:46	68,9	13,4	1,46	
5	30/05/2013	09:37:48	69,3	13,6	1,40	
6	30/05/2013	09:37:50	69,6	13,9	1,16	
7	30/05/2013	09:37:52	69,8	13,9	1,24	
8	30/05/2013	09:37:54	69,7	14,0	1,12	
9	30/05/2013	09:37:56	69,1	14,0	1,12	
10	30/05/2013	09:37:58	68,6	13,8	1,30	
Registo #2						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	30/05/2013	09:38:00	68,4	13,7	1,67	Céu limpo
2	30/05/2013	09:38:02	68,2	13,7	1,60	
3	30/05/2013	09:38:04	68,0	13,2	2,24	
4	30/05/2013	09:38:06	68,1	13,3	1,79	

5	30/05/2013	09:38:08	68,1	13,5	1,52	
6	30/05/2013	09:38:10	68,2	13,7	1,06	
7	30/05/2013	09:38:12	68,2	13,8	0,96	
8	30/05/2013	09:38:14	68,2	13,8	1,12	
9	30/05/2013	09:38:16	68,2	13,8	1,26	
10	30/05/2013	09:38:18	68,1	13,9	1,19	
Registo #3						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	30/05/2013	12:05:27	56,3	17,1	1,22	Céu limpo
2	30/05/2013	12:05:29	56,0	17,0	1,63	
3	30/05/2013	12:05:31	56,2	16,7	1,79	
4	30/05/2013	12:05:33	57,0	16,7	1,40	
5	30/05/2013	12:05:35	57,4	16,7	1,45	
6	30/05/2013	12:05:37	57,7	16,8	1,27	
7	30/05/2013	12:05:39	58,0	16,7	1,59	
8	30/05/2013	12:05:41	58,1	16,9	1,46	
9	30/05/2013	12:05:43	58,2	17,0	1,20	
10	30/05/2013	12:05:45	58,4	17,1	1,11	
Registo #4						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	30/05/2013	12:06:05	55,1	17,0	0,85	Céu limpo
2	30/05/2013	12:06:07	55,4	17,0	0,94	
3	30/05/2013	12:06:09	55,9	17,1	0,94	
4	30/05/2013	12:06:11	56,2	16,9	0,83	
5	30/05/2013	12:06:13	55,7	16,8	0,96	
6	30/05/2013	12:06:15	55,4	16,6	1,66	
7	30/05/2013	12:06:17	55,8	16,5	1,84	
8	30/05/2013	12:06:19	56,1	16,4	1,76	
9	30/05/2013	12:06:21	56,8	16,3	1,95	
10	30/05/2013	12:06:23	56,6	16,2	2,21	
Registo #5						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	30/05/2013	17:12:49	58,5	17,8	5,27	Céu limpo
2	30/05/2013	17:12:51	60,1	18,1	4,59	
3	30/05/2013	17:12:53	60,8	17,5	6,11	
4	30/05/2013	17:12:55	61,7	17,3	6,17	
5	30/05/2013	17:12:57	62,3	17,2	6,00	
6	30/05/2013	17:12:59	62,6	17,1	5,74	
7	30/05/2013	17:13:01	63,0	17,1	5,16	
8	30/05/2013	17:13:03	63,3	17,1	4,85	
9	30/05/2013	17:13:05	63,4	17,1	4,37	
10	30/05/2013	17:13:07	63,2	17,2	3,29	
Registo #6						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	30/05/2013	17:13:16	64,0	17,0	4,66	Céu limpo
2	30/05/2013	17:13:18	64,1	17,1	4,50	
3	30/05/2013	17:13:20	64,2	17,3	3,85	
4	30/05/2013	17:13:22	63,6	17,1	5,03	
5	30/05/2013	17:13:24	63,3	16,9	5,29	
6	30/05/2013	17:13:26	62,9	16,8	4,87	

7	30/05/2013	17:13:28	62,7	16,8	4,71	
8	30/05/2013	17:13:30	62,6	16,7	5,78	
9	30/05/2013	17:13:32	62,7	16,7	5,80	
10	30/05/2013	17:13:34	62,6	16,7	6,01	

* **Monitorização da vibração**

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO	
Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	
Tarefas:						
Carga	10:19	10:30	11:16	11:33	11:49	
Arrumar material desmontado	10:27	10:36	11:26	11:40	11:54	
Espera			11:32	11:48		
Fim de ciclo	10:30	11:16	11:33	11:49		
Carga de	Camião	Dumper	Camião	Camião	Camião	
Número de baldes carregados		5		9		

Registo #2						
	#6	#7	#8	#9	#10	#11
Tarefas:						
Carga	14:08	14:17	14:29	14:47	14:59	15:10
Arrumar material desmontado	14:13	14:25	14:37	14:55	15:04	15:18
Espera						

Fim de ciclo	14:17	14:29	14:47	14:59	15:10	15:22
Carga de	Camião	Camião	Camião	Camião	Camião	Camião
Número de baldes carregados	6	9	9	9	?	?

Registo #2 (cont.)						
	#12	#13	#14	#15	#16	
Tarefas:						
Carga	15:22	16:03	16:21	16:35	16:58	
Arrumar material desmontado	15:30	16:11	16:30	16:44	17:03	
Espera	15:33					
Fim de ciclo	16:03	16:21	16:35	16:58		
Carga de	Camião	Camião	Camião	Camião	Camião	
Número de baldes carregados	9	6	7	8	6	

Observações:
16:48 – 16:50 – momento de pausa.

Data da medição: 13/06/2013 – Tarde

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445

Registo #1						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	13:59:50	55,4	22,4	1,34	Céu limpo
2	13/06/2013	13:59:52	56,3	21,9	1,68	
3	13/06/2013	13:59:54	56,9	21,7	1,90	
4	13/06/2013	13:59:56	58,4	22,0	1,65	
5	13/06/2013	13:59:58	58,6	21,9	1,65	
6	13/06/2013	14:00:00	59,0	21,6	1,93	
7	13/06/2013	14:00:02	59,5	21,5	2,04	
8	13/06/2013	14:00:04	60,1	21,5	1,90	
9	13/06/2013	14:00:06	59,7	21,4	1,87	
10	13/06/2013	14:00:08	59,7	21,4	1,66	
Registo #2						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	14:00:26	60,6	21,1	1,86	Céu limpo
2	13/06/2013	14:00:28	60,9	21,1	1,73	
3	13/06/2013	14:00:30	60,9	21,1	1,75	
4	13/06/2013	14:00:32	61,2	21,2	1,70	
5	13/06/2013	14:00:34	61,1	21,3	1,67	
6	13/06/2013	14:00:36	61,0	21,2	1,69	
7	13/06/2013	14:00:38	61,1	21,1	1,69	
8	13/06/2013	14:00:40	61,2	21,1	1,66	
9	13/06/2013	14:00:42	61,1	21,1	1,64	
10	13/06/2013	14:00:44	61,1	21,1	1,61	
Registo #3						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	17:27:21	49,8	22,6	1,82	Céu limpo

2	13/06/2013	17:27:23	50,6	22,2	2,15	
3	13/06/2013	17:27:25	51,5	22,9	1,63	
4	13/06/2013	17:27:27	51,4	23,2	1,20	
5	13/06/2013	17:27:29	51,7	22,7	1,47	
6	13/06/2013	17:27:31	52,6	22,4	2,09	
7	13/06/2013	17:27:33	53,5	22,4	2,04	
8	13/06/2013	17:27:35	53,6	22,4	2,35	
9	13/06/2013	17:27:37	53,8	22,0	2,62	
10	13/06/2013	17:27:39	54,2	21,7	2,57	
Registo #4						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	17:27:58	55,3	22,0	1,93	Céu limpo
2	13/06/2013	17:28:00	55,8	22,1	1,87	
3	13/06/2013	17:28:02	56,7	22,3	2,28	
4	13/06/2013	17:28:04	58,0	22,0	2,34	
5	13/06/2013	17:28:06	58,6	21,8	2,39	
6	13/06/2013	17:28:08	58,7	21,7	2,09	
7	13/06/2013	17:28:10	58,6	21,8	1,76	
8	13/06/2013	17:28:12	58,3	22,5	1,40	
9	13/06/2013	17:28:14	57,8	22,9	1,04	
10	13/06/2013	17:28:16	57,3	22,7	1,31	

* **Monitorização da vibração**

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Costas	
Localização do sensor	Solidário com as costas do assento onde está sentado o operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	


CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	
Tarefas:						
Carga		13:57	14:12	14:19	14:27	
Arrumar material desmontado	13:51	?	14:17	14:25	14:32	
Espera	13:56	-	14:18	-	14:47	
Fim de ciclo	13:57	14:12	14:19	14:27		
Carga de	Camião	Camião	Camião	Camião	Camião	
Número de baldes carregados	?	9	8	9	7	

Observações:

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Assento	
Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

	#8	#9	#10	#11	#12	
Tarefas:						
Carga	14:53	15:06	15:58	16:27	16:40	
Arrumar material desmontado	14:58	15:13	16:08	16:35	16:48	
Espera	15:05	15:20	16:09	16:38		
Fim de ciclo	15:06	15:58	16:27	16:40		
Carga de	Camião	Camião	Camião	Camião	Camião	
Número de baldes carregados	8	6		8	9	

Observações:

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Pés	
Localização do sensor	Solidário com o chão do veículo e no local de colocação dos pés do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #3						
	#13	#14	#15	#16	#17	
Tarefas:						
Carga	16:57	17:06	17:11	17:20	17:26	
Arrumar material desmontado	17:05	17:10	17:18	17:25	17:31	
Espera	-	-	17:19	17:26		
Fim de ciclo	17:06	17:11	17:20	17:26		
Carga de	Camião	Camião	Camião	Camião	Camião	
Número de baldes carregados	7	7	11	6	7	
Observações:						

ANEXO F – Folha de campo - Recolha de dados no *dumper*

POSTO DE TRABALHO AVALIADO	
Trabalhador	<i>C.Dumper</i>
Veículo	<i>Dumper</i>


Data da medição: 18/04/2013 - Tarde

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445

Registo #1						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	18/04/2013	14:57:15	45,9	20,5	1,28	Céu limpo
2	18/04/2013	14:57:17	46,1	20,2	1,52	
3	18/04/2013	14:57:19	47,3	20,3	1,58	
4	18/04/2013	14:57:21	48,1	21,0	1,72	
5	18/04/2013	14:57:23	-	21,5	1,79	
6	18/04/2013	14:57:25	-	22,0	1,58	
7	18/04/2013	14:57:27	48,5	21,4	1,93	
8	18/04/2013	14:57:29	48,4	21,5	1,55	
9	18/04/2013	14:57:31	48,1	21,5	1,11	
10	18/04/2013	14:57:33	47,8	21,7	1,48	
11	18/04/2013	14:57:35	47,5	20,8	1,77	
12	18/04/2013	14:57:37	47,5	20,7	1,67	
13	18/04/2013	14:57:39	47,2	20,3	1,82	
14	18/04/2013	14:57:41	47,7	20,1	1,97	
15	18/04/2013	14:57:43	48,0	19,6	2,05	
16	18/04/2013	14:57:45	48,5	19,3	2,67	
17	18/04/2013	14:57:47	-	19,7	2,34	
18	18/04/2013	14:57:49	-	19,4	2,05	

* Monitorização da vibração

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Assento	
Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Tarefas:						
Carga do <i>dumper</i>	13:41	13:56	14:09	14:20	14:32	14:43
Transporte carregado	13:44	14:00	14:12	14:23	14:35	14:47
Descarga	13:48	14:03	14:15	14:27	14:38	14:50
Transporte descarregado	13:49	14:04	14:16	14:28	14:39	14:51
Fim de ciclo	13:56	14:09	14:20	14:32	14:43	14:52
Número de baldes carregados						

Observações:
13:51 – 13:54 espera
14:07 – 14:08 espera
14:52 - ... espera

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1 (cont.)						
	#7	#8	#9	#10	#11	#12
Tarefas:						
Carga do <i>dumper</i>	15:38	15:54	16:06	16:20		
Transporte carregado	15:44	15:56	16:08	16:22		
Descarga	15:49	16:00	16:13	16:27		
Transporte descarregado	15:50	16:01	16:14	16:28		
Fim de ciclo	15:54	16:06	16:20	16:31		
Número de baldes carregados						

Observações:
15:34 – 15:38 espera
16:17 – 16:18 espera
16:31 - ... espera

Data da medição: 19/04/2013 - Tarde

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS	
------------------------	--

Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445


Registo #1						
------------	--	--	--	--	--	--

#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	19/04/2013	14:09:57	33,9	22,1	2,78	Céu limpo
2	19/04/2013	14:09:59	34,4	22,2	2,11	
3	19/04/2013	14:10:01	34,9	22,9	1,73	
4	19/04/2013	14:10:03	34,4	23,3	1,64	
5	19/04/2013	14:10:05	34,3	23,5	1,69	
6	19/04/2013	14:10:07	33,3	23,2	1,88	
7	19/04/2013	14:10:09	32,0	22,5	2,37	
8	19/04/2013	14:10:11	31,3	21,8	2,54	
9	19/04/2013	14:10:13	31,4	21,5	2,39	
10	19/04/2013	14:10:15	32,0	21,6	2,09	
11	19/04/2013	14:10:17	32,6	21,7	1,77	
12	19/04/2013	14:10:19	33,4	21,7	2,01	
13	19/04/2013	14:10:21	33,4	21,6	2,26	
14	19/04/2013	14:10:23	33,8	21,9	1,83	
15	19/04/2013	14:10:25	33,5	21,8	1,89	
16	19/04/2013	14:10:27	33,5	21,7	1,93	
17	19/04/2013	14:10:29	33,7	21,7	2,13	
18	19/04/2013	14:10:31	34,0	21,7	2,23	
19	19/04/2013	14:10:33	34,8	21,9	2,06	

* **Monitorização da vibração**

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
------------------------	--

Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Assento	
Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	#6
Tarefas:						
Carga do <i>dumper</i>		14:01	14:15	14:28	14:38	14:51
Transporte carregado		14:04	14:18	14:31	14:45	14:53
Descarga	13:56	14:09	14:23	14:36	14:48	14:58
Transporte descarregado	13:57	14:10	14:24	14:37	14:49	14:59
Fim de ciclo	14:01	14:15	14:28	14:38	14:51	15:01
Número de baldes carregados		7	5	6	5	6

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1 (cont.)						
	#7	#8	#9	#10	#11	
Tarefas:						
Carga do <i>dumper</i>	15:01	15:10	15:19	15:29	15:41	
Transporte carregado	15:04	15:12	15:22	15:31	15:44	
Descarga	15:07	15:16	15:25	15:36	15:49	
Transporte descarregado	15:08	15:17	15:26	15:36		
Fim de ciclo	15:10	15:19	15:29	15:41		
Número de baldes carregados		6	5	7	7	

Observações:
Ciclo #5, #6 e #8 - Deslocou-se à zona de stocks para carregar brita fina, que depois descarregou numa determinada zona do percurso para alisar o piso.
14:09 – momento de pausa

Data da medição: 13/06/2013 – Manhã

CONDIÇÕES ATMOSFÉRICAS


Marca do equipamento	Testo
Modelo do equipamento	445

Registo #1						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	10:12:51	61,2	20,5	0,42	Céu limpo
2	13/06/2013	10:12:53	63,3	20,3	0,57	
3	13/06/2013	10:12:55	64,4	20,1	0,85	
4	13/06/2013	10:12:57	65,2	19,8	0,88	
5	13/06/2013	10:12:59	66,0	19,7	0,83	
6	13/06/2013	10:13:01	66,6	19,5	0,97	
7	13/06/2013	10:13:03	67,8	19,3	1,34	
8	13/06/2013	10:13:05	68,6	19,5	1,22	
9	13/06/2013	10:13:07	68,9	19,8	0,77	
10	13/06/2013	10:13:09	69,3	19,8	0,85	
Registo #2						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	10:13:20	71,4	20,0	0,57	Céu limpo
2	13/06/2013	10:13:22	71,6	20,1	0,44	
3	13/06/2013	10:13:24	71,9	20,1	0,56	
4	13/06/2013	10:13:26	72,1	20,1	0,60	
5	13/06/2013	10:13:28	72,3	20,2	0,53	
6	13/06/2013	10:13:30	72,6	19,9	0,63	
7	13/06/2013	10:13:32	72,8	19,2	1,18	
8	13/06/2013	10:13:34	73,4	18,8	1,49	
9	13/06/2013	10:13:36	74,2	18,7	1,46	
10	13/06/2013	10:13:38	74,9	18,6	1,46	
Registo #3						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	11:37:50	78,4	18,0	4,35	Céu limpo
2	13/06/2013	11:37:52	79,5	17,8	4,70	
3	13/06/2013	11:37:54	81,7	18,0	4,14	
4	13/06/2013	11:37:56	82,8	18,0	3,77	
5	13/06/2013	11:37:58	83,7	18,1	3,79	
6	13/06/2013	11:38:00	84,3	18,1	3,94	
7	13/06/2013	11:38:02	85,0	18,1	4,14	
8	13/06/2013	11:38:04	85,5	18,1	3,86	
9	13/06/2013	11:38:06	85,8	18,1	3,91	
10	13/06/2013	11:38:08	86,1	18,1	3,83	
Registo #4						
#	Data	Hora	Humidade (%)	Temperatura (°C)	Velocidade do vento (m/s):	Estado do tempo:
1	13/06/2013	11:38:26	86,9	18,1	3,24	Céu limpo
2	13/06/2013	11:38:28	87,0	18,1	2,97	
3	13/06/2013	11:38:30	86,9	18,1	2,92	
4	13/06/2013	11:38:32	86,8	18,1	2,93	
5	13/06/2013	11:38:34	86,8	18,0	3,14	
6	13/06/2013	11:38:36	87,1	18,0	3,13	

7	13/06/2013	11:38:38	87,1	17,9	2,85	
8	13/06/2013	11:38:40	87,0	17,9	2,78	
9	13/06/2013	11:38:42	86,9	17,9	2,67	
10	13/06/2013	11:38:44	87,0	18,0	2,42	

* **Monitorização da vibração**

EQUIPAMENTO DE MEDIÇÃO	
Equipamento de medição:	Equipamento de medição e análise de vibrações ocupacionais
Marca:	SVANTEK
Modelo:	SV 106 Human Vibration Meter & Analyser
Programação para gravação:	Período medido: 3h N.º de repetições: 1 Dosímetro: sim Modo de leitura: leitura Salvar auto: sim

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Costas	
Localização do sensor	Solidário com as costas do assento onde está sentado o operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO						
Registo #1						
	#1	#2	#3	#4	#5	
Tarefas:						
Carga do <i>dumper</i>	9:34	9:41	9:55	10:10	10:24	
Transporte carregado	9:38	9:44	10:04	10:17	10:33	
Descarga	9:39	9:46	10:06	10:19	10:35	
Transporte descarregado	9:40	9:48	10:07	10:20	---	
Fim de ciclo	9:41	9:53	10:10	10:24		
Número de baldes carregados	(carga contínua)	(carga contínua)	16	15	15	
Carregado por	Sistema automático de britagem (brita)	Sistema automático de britagem (brita)	Giratória pequena	Giratória pequena	Giratória pequena	

Observações:

#1 e #2 Carga de brita pelo sistema automático. Mal se nota a queda do material, muito suave (comparado com o carregamento pela giratória).


#3 Carga de material desmontado por uma giratória mais pequena (menor capacidade do balde). Duas pancadas fortes no final para compactar a carga.

9:48 – 9:52 espera; desloca-se em direção à giratória e segue-se outro minuto de espera.

Por vezes, a passagem para outra velocidade na caixa de velocidade é muito bruta (maior aceleração), havendo uma vibração forte sentida pelos ocupantes do veículo.

O balde da giratória é mais pequeno, carrega menos material, demora mais tempo, é necessário mais baldes.

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Pés

Localização do sensor	Solidário com o chão do veículo e no local de colocação dos pés do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO


Registo #2

	#6	#7	#8			
Tarefas:						
Carga do <i>dumper</i>	10:42	10:59	11:15			
Transporte carregado	10:48	11:08	11:24			
Descarga	10:51	11:11	11:26			
Transporte descarregado	10:52	11:12	11:27			
Fim de ciclo	10:59	11:15	---			
Número de baldes carregados	14	17	17			
Carregado por	Giratória pequena	Giratória pequena	Giratória pequena			

Observações:

#6 e #7 Duas pancadas fortes no final para compactar a carga.

VIBRAÇÕES TRANSMITIDAS AO SISTEMA CORPO INTEIRO - Assento

Localização do sensor	Solidário com o assento do operador.
Fotografia (da localização do sensor e do posicionamento dos eixos)	

CRONOMETRAGEM DAS TAREFAS DO CICLO DE TRABALHO**Registro #3**

	#9	#10				
Tarefas:		11:32				
Carga do <i>dumper</i>		11:43				
Transporte carregado		11:45				
Descarga		11:46				
Transporte descarregado	11:29	---				
Fim de ciclo	11:32					
Número de baldes carregados	17					
Carregado por	Giratória pequena	Giratória pequena				

Observações: